



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

NOLLAKULUTUSLIITTYMÄT JÄRVI- SUOMEN ENERGIAN SÄHKÖVERKOSSA

Vili Paavola

Opinnäytetyö
Syyskuu 2017
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

PAAVOLA, VILI:

Nollakulutusliittymät Järvi-Suomen Energian sähköverkossa

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Syyskuu 2017

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa Järvi-Suomen Energian jakeluverkosta löytyviä nollakulutusliittymiä ja arvioida näiden vaikutusta verkon saneerauskustannuksiin. Nollakulutusliittymällä tarkoitetaan tässä työssä sähköliittymää, jonka mitattu sähkönkulutus on vähintään vuoden ajan ollut nolla.

2010-luvun alussa Suomessa koettiin useita rajuja myrskyjä, jotka aiheuttivat suuria vahinkoja sähköverkoille ja aiheuttivat satojatuhansia asiakkaita koskeneita sähkökatkoja. Uudessa sähkömarkkina-laissa 588/2013 säädettiin aiempaa tiukemmista velvoitteista sähkön toimitusvarmuuden suhteen. Erityisesti niissä jakeluverkkoyhtiöissä joiden sähköverkko sijaitsee suurelta osin haja-asutusalueella, toimitusvarmuuden saavuttaminen aiheuttaa merkittäviä lisäinvestointeja. Toimitusvarmuuden saavuttamiseksi maastossa kulkevaa ilmajohtoa joudutaan siirtämään teiden varsille tai maakaapeloimaan, vaikka niiden teknistaloudellista käyttöikää olisikin vielä jäljellä.

Työssä kartoitettiin Järvi-Suomen Energian lähitulevaisuudessa saneeraukseen tulossa olevien muuntopiirien alueella olevat nollakulutusliittymät, ja laskettiin näiden liittymien saneerauksesta aiheutuvia kustannuksia. Kahden muuntopiirin osalta suoritettiin tarkempi tarkastelu, jossa suunniteltiin koko muuntopiirin jakelumuntajan ja PJ-verkon saneeraus. Muiden liittymien osalta suoritettiin suppeampi, tarkastelu jossa tarkasteltiin saneerausta ainoastaan nollakulutusliittymää syöttävän PJ-verkon osalta ja tältä osin arvioitiin saneerauksen kustannuksia.

Tarkastelun perusteella todettiin, että nollakulutusliittymien saneerauksesta aiheutuvat kustannukset ovat pelättyjä alhaisemmat. Tästä johtuen yksittäisiä poikkeustapauksia lukuun ottamatta, myös nollakulutusliittymät tullaan saneeraamaan normaalisti muuntopiirisaneerausten yhteydessä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Option of Electrical Power Engineering

PAAVOLA, VILI:

Zero consumption electricity connections in the electric grid of Järvi-Suomen Energia

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 3 pages
September 2017

The purpose of this thesis was to map out electricity connections that have zero consumption of energy in the electric grid of Järvi-Suomen Energia and to evaluate the costs caused by the renovation of these connections. Zero consumption electricity connection was defined as an electricity connection which measured electricity consumption had been zero for the past year or longer.

In the beginning of 2010's Finland was hit multiple times by storms, that caused major damage to the electric networks throughout Finland, and left hundreds of thousands of customers without electricity. Partially due to this, the new Electricity Market Act 588/2013 had stricter requirements for the security of supply of electricity. In order to meet the new requirements, especially those electric companies whose grid is located mainly in the rural areas, have to renovate their electric grids before the end of the grids technical life span. This significantly raises the investments made by the companies, and causes pressure to raise consumer prices.

In this thesis, the costs of renovating zero consumption connections were evaluated. For this, data of 36 connections was collected from company's database, and renovation costs for these connections were calculated. The calculations were based on Järvi-Suomen Energias principle guides for grid renovations. The result of the evaluation was that the costs of renovating zero consumption connections were lower than originally thought. Therefore, the zero consumptions connections will mainly be renovated during the renovation of neighboring connections. Alternatives for renovating the connections will only be evaluated for those single connections which have especially high renovation costs.

Key words: electric distribution network, zero consumption electricity connection, grid renovation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	SUUR-SAVON SÄHKÖ -KONSERNI.....	7
2.1	Järvi-Suomen Energia.....	7
3	SÄHKÖNJAKELU SUOMESSA.....	10
3.1	Suomen sähkönjakeluverkko	10
3.1.1	Kantaverkko ja alueverkko	10
3.1.2	Jakeluverkko	12
3.2	Sähkömarkkinalaki 588/2013	13
3.2.1	Vakiokorvaukset	14
3.2.2	Säävarma sähköverkko.....	15
3.3	Sähköliittymä	15
3.4	Sähkön hinnan muodostuminen.....	18
4	NOLLAKULUTUSLIITTYMÄT JÄRVI-SUOMEN ENERGIAN SÄHKÖVERKOSSA	20
4.1	Nollakulutusliittymät	20
4.2	Tarkasteltavat liittymät	21
4.3	Saneerausesimerkki 1	22
4.3.1	Oikosulkuvirta.....	28
4.3.2	Jännitteenalenema	32
4.3.3	Maastosuunnittelu	34
4.4	Saneerausesimerkki 2	35
4.4.1	Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema.....	39
4.5	Kustannusarvio muiden nollakulutusliittymien saneeraukselle.....	41
4.6	Päätelmiä.....	45
5	POHDINTA.....	48
	LÄHTEET.....	49
	LIITTEET	51

1 JOHDANTO

2010-luvun alussa Suomeen iski useampia poikkeuksellisen voimakkaita myrskyjä, jotka aiheuttivat suuria vaurioita sähkönsiirtoverkolle. Myrskyjen jälkeen uudistetussa sähkömarkkinalaissa 588/2013 asetettiin aiempaa tiukemmat vaatimukset sähkönsiirron toimitusvarmuudelle. Laissa määritellyn toimitusvarmuuden saavuttaminen edellyttää maastossa olevien ilmajohtoverkkojen siirtämistä avoimeen maastoon kuten teiden varsille, sekä verkkojen maakaapelointia. Laista johtuen verkkoyhtiöt joutuvat saneeraamaan myös sellaista verkkoa jonka teknistaloudellista käyttöikää olisi vielä jäljellä. Varsinkin maaseutuverkkoyhtiöissä joiden sähköverkko on pääsääntöisesti rakennettu ilmajohtona, toimitusvarmuuden saavuttaminen lain edellyttämässä määräajassa aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia tulevien vuosien aikana. Verkkosaneerauksen suunnittelun merkitys korostuuakin tulevina vuosina, kun rajalliset resurssit on kyettävä priorisoimaan siten että saneeraukset palvelevat mahdollisimman hyvin toimitusvarmuuden paranemista.

Järvi-Suomen Energian jakeluverkosta löytyy useita nollakulutusliittymiä, joiden mitattu sähkönkulutus on siis jo pitkään ollut nolla. Mikäli liittymän omistajalla ei ole tarkoitus tulevaisuudessa aloittaa sähkön käyttöä, on tällaisten liittymien saneeraus säävarmaksi taloudellisesti järjetöntä. Tämän työn tarkoituksena oli kartoittaa saneeraukseen tulevia epäiltyjä nollakulutusliittymiä, sekä arvioida näiden liittymien saneerauksen aiheuttamia kustannuksia.

Opinnäytetyö jakaantuu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa esitellään Suomen sähkönjakeluverkkoja, lainsäädäntöä ja sähkön hinnan muodostumista. Sähköverkoista käydään läpi Suomen sähkönjakeluverkkojen jakautuminen Fingridin operoimaan kantaverkkoon, 110 kilovoltin alueverkkoihin sekä jakeluverkkoyhtiöiden hallinnoimiin jakeluverkkoihin. Lainsäädännöstä esitellään sähkömarkkinalain jakeluverkkoyhtiöille asettamia velvollisuuksia. Lisäksi esitellään Järvi-Suomen Energian sähköliittymien hinnoittelua sekä sähkön hinnan muodostumista ja hinnan jakaantumista sähköenergian, sähkönsiirron ja verojen osuuteen.

Toisessa osassa kartoitetaan Järvi-Suomen Energian jakeluverkon nollakulutusliittymiä. Kahdelle muuntopiirille jotka syöttävät nollakulutusliittymää on laadittu tavoiteverkkomallin pohjalta saneeraussuunnitelmat. Saneeraussuunnitelmien pohjalta on tarkasteltu

nollakulutusliittymien saneerauksesta aiheutuvia kustannuksia. Yksityiskohtaisempien muuntopiirisaneeraussuunnitelmien lisäksi työssä arvioitiin karkeammin 34 muun nollakulutusliittymän aiheuttamia saneerauskustannuksia. Tulosten pohjalta määritettiin nollakulutusliittymien keskimääräiset verkon arvot sekä liittymien saneerauksesta yhtiölle aiheutuvat kustannukset.

2 SUUR-SAVON SÄHKÖ -KONSERNI

Suur-Savon Sähkö on energiakonserni, jonka toimialaan kuuluu energian myynti, tuotanto ja jakelu. Konserni myy sähköenergiaa koko Suomen alueelle. Järvi-Suomen Energia on emoyhtiö Suur-Savon Sähkö Oy:n omistama tytäryhtiö, joka toimii konsernin jakeluverkonhaltijana verkkoalueellaan. Suur-Savon Sähkö Oy omistaa lisäksi Kerienergia Oy:n.

Omistamiensa tytäryhtiöiden lisäksi yhtiö on osakkaana energian tuotantoa harjoittavissa Punkavoima Oy:ssä, Järvi-Suomen Voima Oy:ssä ja Kymppivoima Oy:ssä, sekä energian hankintaa harjoittavassa Kymppivoima Oy:ssä. Yhtiön omistama verkkorakennusta harjoittanut Suur-Savon Sähkötyö irrotettiin konsernista vuonna 2016 ja se fuusioitui Lappeenrannan Verkonrakennus Oy:n ja Kyvera Oy:n kanssa Elvera Oy:ksi. Nykyisellään Suur-Savon Sähkö on Elveran suurin omistaja 49,5 % omistusosuudella. Konsernin sähkömyyntiliiketoiminta irrotetaan konsernista 1.9.2017 ja siirretään uuteen yhdessä Etelä-Savon Energian kanssa perustettavaan yhtiöön. Suur-Savon Sähkö tulee olemaan perustettavan yhtiön enemmistöosakas 80 % omistusosuudellaan.

Suur-Savon Sähkön suurimmat omistajat ovat eteläsavolaiset kunnat, jotka omistavat yhtiöstä 62 %. Yhteisöjen ja yritysten omistusosuus yhtiöstä on 27 %. Yksityisomistuksessa on 6 % osakekannasta, ja loput 5 % on alueen seurakuntien omistuksessa. Konserni työllistää suoraan reilut 100 henkeä, ja sen liikevaihto vuonna 2016 oli 146,3 miljoonaa euroa (Suur-Savon Sähkö 2017).




2.1 Järvi-Suomen Energia

Sähköverkkoliiketoiminta päätettiin eriyttää emoyhtiöstä ja tytäryhtiö Järvi-Suomen energia perustettiin vuonna 1995. Suur-Savon Sähkö oli näin ensimmäisiä sähköyhtiöitä, joissa jakeluverkkotoiminta eriytettiin konsernin muusta liiketoiminnasta. Liiketoimintojen eriyttämisvelvollisuus lisättiin silloin voimassa olleeseen sähkömarkkinalakiin 386/1995 säädöksellä joka tuli voimaan 27.12.2004. Tästä eteenpäin sähkömarkkinoilla

toimivat yritykset ovat olleet velvollisia eriyttämään jakeluverkkotoiminnan muista sähköliiketoiminnoista, paitsi jos liiketoiminta on merkitykseltään vähäistä (Sähkömarkkinalaki 386/1995 § 28).

Suur-Savon Sähkö Oy omistaa konsernin sähköverkon, mutta on vuokrannut sen Järvi-Suomen Energialle, jolla on Energiaviraston myöntämä lupa harjoittaa sähköverkkoliiketoimintaa. Järvi-Suomen Energia vastaa sähköverkon suunnittelusta, rakennuttamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta. Vuonna 2016 yrityksessä työskenteli 23 henkilöä ja sen liikevaihto oli noin 94 miljoonaa euroa. Sähkön siirron asiakkaita yhtiöllä oli 102 103. Verkkoinvestoinnit yhtiöllä ovat kahden edellisen vuoden aikana olleet lähes 40 miljoonaa euroa molempina vuosina. Merkittävä osa investoinneista on kulunut säävarman sähköverkon rakentamiseen, erityisesti maakaapelointiin (Järvi-Suomen Energia 2017).

TAULUKKO 1. Järvi-Suomen Energian verkkoinvestoinnit 2015-2016 (Järvi-Suomen Energia 2017)

Investointimääriä		2015	2016
 Ilmajohtoja	110 kV	18,6 km	12,0 km
	20 kV	128,6 km	112,3 km
	1 kV	13,5 km	15,6 km
	0,4 kV	71,8 km	42,6 km
 Maa- ja vesikaapelia	20 kV	114,5 km	134,2 km
	1 kV	83,9 km	96,2 km
	0,4 kV	320,9 km	336,2 km
 Muuntamoita	Muuntajakoneita	412 kpl	451 kpl
	Pylväsmuuntamoita	153 kpl	104 kpl
	Puistomuuntamoita	203 kpl	217 kpl
	Haaroituskaappeja	895 kpl	883 kpl
	Jakokaappeja	202 kpl	968 kpl
Ilmajohtoterottimia		79 kpl	29 kpl
Kk-erotinasema		40 kpl	5 kpl
Maastokatkaisijoita		10 kpl	11 kpl
1 kV järjestelmiä			
	emomuuntamoita	54 kpl	53 kpl
	joissa 1/0,4 kV muuntamoita	115 kpl	110 kpl
Investoinnit yhteensä		38 657 785 €	39 679 673 €

Järvi-Suomen Energian sähköverkkoalue on maantieteellisesti varsin laaja. Yhtiön verkkoalue ulottuu itä-länsisuunnassa Savonlinnasta Luhangalle ja pohjois-eteläsuunnassa Hankasalmeilta Kouvolaan. Sähköverkkoalue on esitetty alla olevassa karttakuvassa.

Karttaan ei ole merkitty Jyväskylässä Vaajakosken vesivoimalaitoksen läheisyydessä sijaitsevaa muusta verkkoalueesta erillään olevaa jakelualuetta, eikä Mikkelin kaupungin kohdalla olevaa aukkoa jonka alueella sähköverkon haltija on ESE-Verkko Oy.



KUVA 1. Järvi-Suomen Energian sähköverkkoalue. (Järvi-Suomen Energia 2017)

Yhtiön sähköverkon kokonaispituus on noin 27 500 kilometriä, josta suurjänniteverkkoa on noin 430 kilometriä, keskijänniteverkkoa noin 8400 kilometriä ja pienjänniteverkkoa noin 18 000 kilometriä. Pienjänniteverkosta noin 1000 kilometriä on Suomen oloissa harvinaista yhden kilovoltin verkkoa. Muuntamoita yhtiön sähköverkosta löytyy noin 8200 kappaletta ja sähköasemia 44 kappaletta.

3 SÄHKÖNJAKELU SUOMESSA

3.1 Suomen sähkönjakeluverkko

Suomen sähkönsiirrosta vastaavat valtakunnallista kantaverkkoa ylläpitävä Fingrid, 110 kilovoltin jakeluverkkoja operoivat alueverkkoyhtiöt sekä sähkönsiirrosta kuluttajille vastaavat jakeluverkkoyhtiöt. Kokonaisuudessaan Suomen sähköverkossa on noin 150 000 kilometriä suurjännitteistä verkkoa ja saman verran keskijännitteistä verkkoa. Pienjänniteverkkoa on noin 200 000 kilometriä. Sähköasemia verkosta löytyy noin 800. Jakelumuuntamoita verkossa on yhteensä noin 100 000. Suomen sähköverkon kokonaisarvon arvioidaan olevan noin 12 miljardia euroa (Lakervi & Partanen 2008, 11).

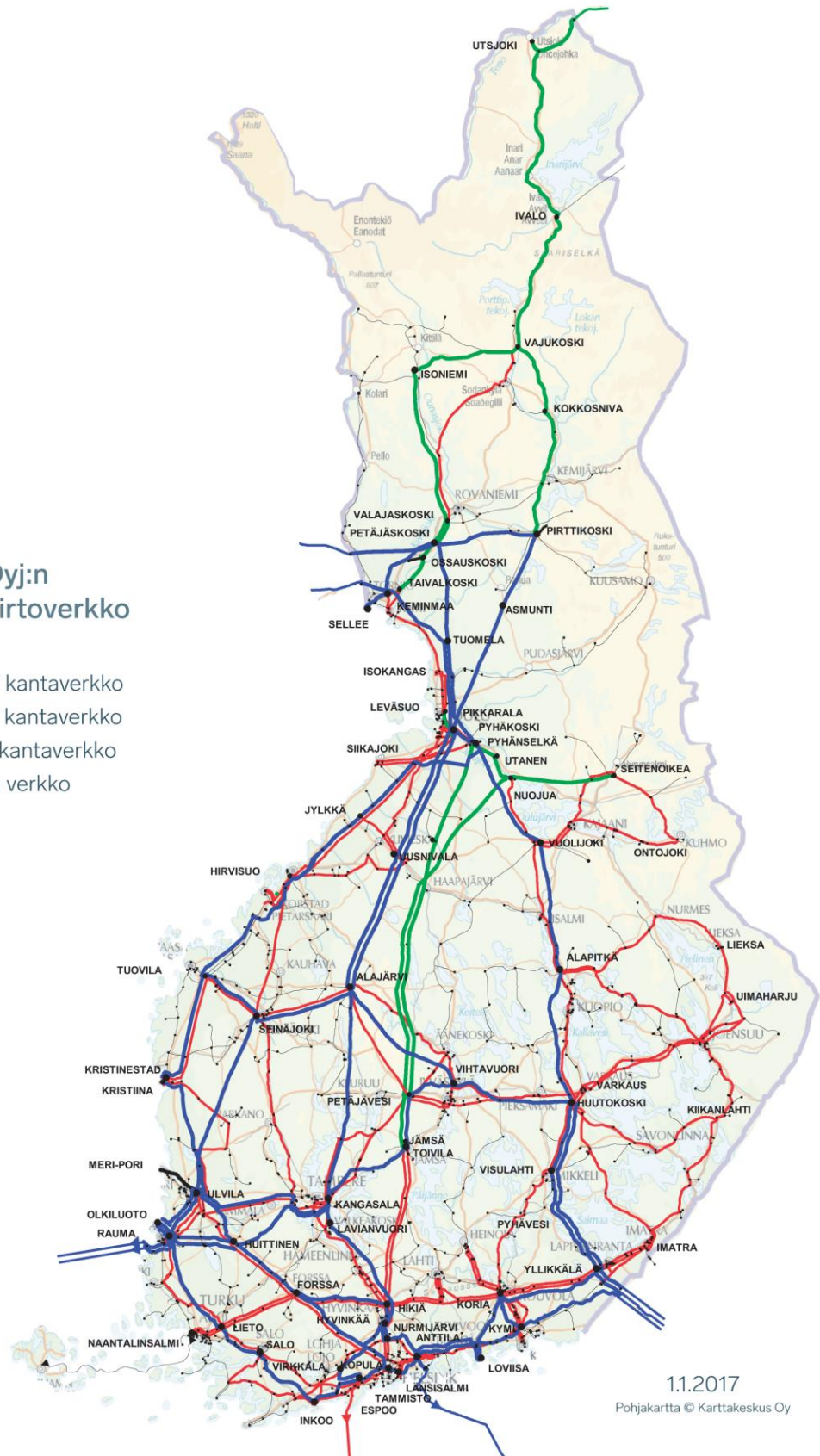
3.1.1 Kantaverkko ja alueverkko

Suomen sähköverkon runko on Fingridin operoima kantaverkko. Suurimmat voimalat, kuten Suomen ydinvoimalat on kytketty kantaverkkoon. Suuri osa Suomessa kulutetusta sähköstä kulkeekin kantaverkon kautta. Kantaverkko on kokonaisuudessaan suurjänniteverkkoa. Verkon kokonaispituus on 144 000 kilometriä, josta 4600 kilometriä on jännitetasoltaan 400 kilovoltin verkkoa, 2200 kilometriä 200 kilovoltin ja 7600 kilometriä 110 kilovoltin verkkoa. Sähköasemia kantaverkossa on 116 kappaletta. (Fingrid 2017)

Suomen kantaverkko ja sitä kautta koko sähköverkko on liitetty osaksi yhteispohjoismaista verkkoa yhdessä Ruotsin, Norjan ja Itä-Tanskan järjestelmien kanssa. Kantaverkko on kytketty Ruotsin sähköverkkoon Fenno-Skan 1 ja Fenno-Skan 2 tasasähköyhteyksillä jotka menevät Raumalta Ruotsin puolelle Dannebohon ja Finnböleen. Lisäksi Ruotsiin on rakennettu kaksi 400 kilovoltin vaihtosähköyhteyttä Pohjois-Suomessa. Norjan verkkoon kantaverkko on kytketty yhdellä 220 kilovoltin vaihtosähköyhteydellä. Lisäksi kantaverkosta löytyvät tasasähkösiirtoyhteydet Estlink 1 ja Estlink 2 Viroon ja kolme siirtoyhteyttä Venäjälle (Fingrid 2017).

**Fingrid Oyj:n
voimansiirtoverkko
1.1.2017**

- 400 kV kantaverkko
- 220 kV kantaverkko
- 110 kV kantaverkko
- muiden verkko



KUVA 2. Fingridin operoima kantaverkko (Fingrid 2017)

Kantaverkon jälkeen seuraava taso Suomen sähkönsiirtojärjestelmässä on alueverkot. Nykyisen sähkömarkkinalain mukaan alueverkkoihin luetaan kaikki 110 kilovoltin verkot jotka eivät kuulu kantaverkkoon. Varsinaisia alueverkkoyhtiöitä Suomessa on 12 kappaletta. Laajuudeltaan alueverkkoyhtiöiden toimialueet ovat noin maakuntien kokoisia. Varsinaisten alueverkkoyhtiöiden lisäksi 110 kilovoltin verkkoja löytyy myös useiden jakeluverkkoyhtiöiden sähköverkosta. Toisin kuin jakeluverkon rajausta, kanta- ja alueverkojen rajausta ei ole asetettu sähkömarkkinalaissa yksiselitteisesti. Kantaverkoksi lasetaan kaikki 400 ja 220 kilovoltin verkot sekä tärkeimmät 110 kilovoltin johdot ja asemat. Loput 110 kilovoltin verkosta katsotaan kuuluvan alueverkkoon. (Saarnio, Aaltonen & Päivärinta 2010, 10)

3.1.2 Jakeluverkko

Suomessa sähköverkkotoimintaa saavat harjoittaa vain Energiaviraston myöntämän sähköverkkoluvan saaneet jakeluverkkoyhtiöt. Sähköverkkoluvan saaneella yhtiöllä on maantieteellinen vastuualue, jolla yhtiöllä on yksinoikeus jakeluverkon rakentamiseen ja operointiin. Jakeluverkkoyhtiöt ovat Suomessa siis alueellisia monopoleja. Liiketoiminnan monopoliluonteesta johtuen Energiavirasto valvoo yhtiöiden siirtohinnoittelun kohtuullisuutta neljän vuoden valvontajaksoissa. Energiavirasto asettaa jakeluverkkoyhtiöille kohtuullisen tuoton rajan. Mikäli jakeluverkkoyhtiön tulos on kahdella neljän vuoden tarkastelujaksolla ylijäämäinen yli Energiaviraston kohtuulliseksi katsoman tuoton, joutuu jakeluverkkoyhtiö hyvittämään asiakkaille ylituoton seuraavan valvontajakson aikana (Energiavirasto 2015, 22). Hyvitys voidaan toteuttaa laskemalla siirtomaksuja, jäädyttämällä siirtomaksujen nosto, tai investoimalla ylijäämä sähköverkon kehittämiseen.

Sähkömarkkinalaki määrittää jakeluverkkoyhtiöille velvollisuuksia jotka yhtiöiden on hoidettava. Liittämisvelvollisuus tarkoittaa, että yhtiöiden tulee liittää vastuualueellaan olevat sähkönkäyttöpaikat ja tuotantolaitokset verkkoonsa kohtuullista korvausta vastaan. Siirtovelvollisuuden mukaan yhtiöiden on huolehdittava sähkön siirrosta jakelualueellaan. Kehittämisvelvoite velvoittaa jakeluverkkoyhtiöt huolehtimaan siitä, että niiden omistama sähköverkko täyttää sähköverkkotoiminnan laatuvaatimukset ja että sähkön tekninen laatu on hyvä. Kehittämisvelvoitteessa edellytetään myös, että sähköverkko on tarvittaessa liitettävissä yhteen toisen sähköverkon kanssa. Sähköverkon on myös kestävä normaali luonnonilmiöiden verkolle asettamat rasitukset.

Alueellisia jakeluverkkoyhtiöitä Suomessa toimii 77. Pienimpien paikallisverkkoyhtiöiden asiakasmäärät ovat jopa alle tuhat asiakasta, suurimpien kuten Elenian ja Carunan asiakasmäärät useita satojatuhansia. Myös jakeluverkkoyhtiöiden toimintaympäristöt poikkeavat huomattavasti toisistaan. Kaupunkiverkkoyhtiöiden sähköverkoista valta-osa on toteutettu maakaapeloinnilla, haja-asutusalueilla taas valta-osa verkosta on ilmajohtoverkkoa.

3.2 Sähkömarkkinalaki 588/2013

Joulukuussa 2011 Suomeen rantautunut Tapani-myrsky aiheutti merkittävät myrskytuhot ja aiheutti suuria vahinkoja sähköverkkoyhtiöiden siirtolinjoille. Vahingot aiheuttivat yhteensä satojatuhansia ihmisiä koskeneita sähkökatkoja (Horelli 2012, 14). Verkkoyhtiöiden asiakkaille maksamat keskeytyskorvaukset ja verkon korjauskustannukset nousivat kymmeniin miljooniin euroihin. Myrskytuhojen jälkeen vuonna 2013 uudistetussa sähkömarkkinalaissa asetettiin aiempaa tiukemmat vaatimukset sähkön toimitusvarmuudelle sähköverkkoyhtiöiden siirtoverkoissa. Uuden lain mukaan myrskystä, lumikuormasta tai vastaavasta luonnonilmiöstä aiheutuva sähkökatko saa kestää taajama-alueella korkeintaan kuusi ja haja-asutusalueella 36 tuntia. Poikkeuksen muodostavat käyttöpaikat jotka sijaitsevat saarella johon ei ole vakituista kulkuyhteyttä, sekä käyttöpaikat joiden kulutus on kolmen edellisen kalenterivuoden aikana ollut korkeintaan 2500 kilowattituntia ja joiden saneerauskustannukset olisivat syrjäisen sijainnin vuoksi poikkeuksellisen suuret (Sähkömarkkinalaki 588/2013 § 51).

Verkkoyhtiöissä uusi laki aiheuttaa merkittävää kustannusten nousua, kun olemassa olevaa sähköverkkoa joudutaan saneeraamaan ja rakentamaan uusiksi jo ennen olemassa olevan verkon teknillistaloudellisen eliniän täyttymistä. Laki edellyttää, että 31.12.2019 vähintään 50 prosenttia, 31.12.2023 75 prosenttia ja 31.12.2028 100 prosenttia verkkoyhtiön asiakkaista on säävarman verkon piirissä. Jakeluverkkoyhtiö voi hakea toimitusvarmuuspykälän täyttämiseen jatkoaikaa. Painavista syistä 75 prosentin kattavuudelle voidaan hakea jatkoaikaa enintään 31.12.2025 asti ja erittäin painavista syistä 31.12.2028 asti. Kaikkia sähkönjakelun asiakkaita koskevan verkon rakentamiseen voi hakea vastavasti jatkoaikaa painavista syistä johtuen 31.12.2032 saakka ja erittäin painavista syistä johtuen enintään 31.12.2036 asti (Sähkömarkkinalaki 588/2013 § 119).

3.2.1 Vakiokorvaukset

Sähkömarkkinalaissa säädetään myös sähkökatkojen takia asiakkaalle maksettavista korvauksista. Vakiokorvauksen suuruus määräytyy asiakkaan vuotuisen sähkön siirtomaksun mukaan siten, että tietyn ajan ylittävstä sähkökatkosta maksetaan korvauksia tietty prosenttiosuus asiakkaan vuosittaisesta siirtomaksusta. Nämä prosenttiosuudet on määritetty laissa.

Vakiokorvauksen määrä loppukäyttäjän vuotuisesta siirtopalvelumaksusta on:

- 1) 10 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 12 tuntia mutta vähemmän kuin 24 tuntia;
- 2) 25 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 24 tuntia mutta vähemmän kuin 72 tuntia;
- 3) 50 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 72 tuntia mutta vähemmän kuin 120 tuntia;
- 4) 100 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 120 tuntia mutta vähemmän kuin 192 tuntia;
- 5) 150 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 192 tuntia mutta vähemmän kuin 288 tuntia;
- 6) 200 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 288 tuntia (Sähkömarkkinalaki 588/2013 § 100).

Suurin mahdollinen asiakkaalle kalenterivuoden aikana sähkökatkoista maksettava vakiokorvaus on 200 prosenttia asiakkaan vuotuisesta sähkönsiirtomaksusta, kuitenkin korkeintaan 2000 euroa. Sähkömarkkinalaissa määritellyistä korvauksista ei saa erillisin sopimuksen poiketa siten että sopimuksesta aiheutuisi käyttäjälle vahinkoa. Sen sijaan verkko-yhtiö voi halutessaan omissa verkkopalveluehdoissaan sopia suuremmista keskeytyskorvauksista kuin mitä laki edellyttää.

3.2.2 Säävarma sähköverkko

Haja-asutusalueilla sähköverkko on valtaosin toteutettu ilmajohtoina, jotka on usein rakennettu metsään vedettyjen johtokäytävien keskelle. Tällä tavalla rakennettu verkko on altis kaatuvien puiden aiheuttamille vaurioille. Uuden sähkömarkkinalain edellyttämän säävarman sähköverkon rakentaminen edellyttää näiden siirtoyhteyksien korvaamista rakentamalla uutta ilmajohtoverkkoa avoimempaan maastoon, kuten teiden varsille, tai ilmajohtojen korvaamista maakaapeleilla.

Verkkoyhtiöt, joiden sähköverkko sijaitsee suurelta osin taajama-alueella ja kaupungeissa, ovat hyvin erilaisessa tilanteessa verrattuna maalaisverkkoyhtiöihin. Kaupunkiverkkoyhtiöiden verkon maakaapelointiaste on jo nykyisellään usein hyvin korkea. Haja-asutusalueilla toimivilla verkkoyhtiöillä valtaosa verkosta on toteutettu ilmajohtoilla. Näin ollen myös sähkömarkkinalain verkkoyhtiöihin kohdistamat investointipaineet ovat kaupunki- ja maaseutuverkkoyhtiöillä hyvin erilaiset.

Järvi-Suomen Energian verkkoalue on maantieteellisesti laaja ja erityisen haastava säävarman verkon rakentamisen kannalta. Sähköverkon pituus asiakasta kohden noin 270 metriä. Lisäksi esimerkiksi järvien runsaus asettaa haasteita verkkosuunnittelulle.

Säävarman sähköverkon rakentamisesta aiheutuu merkittävät lisäkustannukset yhtiölle tulevien vuosien aikana. Verkon teknillistaloudellisen käyttöiän takia yhtiön vuotuiset verkon saneerauskustannukset olisivat keskimäärin 22 miljoonaa euroa ja sähkömarkkinalain edellyttämänä tämä summa nousee vuositasolla jopa 40 miljoonaan euroon vuodessa. Lisäinvestointien tarve aiheuttaakin Järvi-Suomen Energian ja muiden maaseutuverkkoyhtiöiden sähkön siirtomaksuihin huomattavaa korotuspainetta. Yhtiö jätti alkuvuodesta 2017 Energiavirastolle hakemuksen jatkoajan saamiseksi säävarman sähköverkon rakentamiseen.

3.3 Sähköliittymä

Liittääkseen kiinteistön sähköverkkoon, asiakkaan on ostettava jakeluverkon haltijalta sähköliittymä. Sähköliittymän voidaankin ajatella tarkoittavan lupaa liittyä jakeluverkon-

haltijan sähköverkkoon. Liittymissopimuksessa määritellään asiakkaan liittymispiste. Jakeluverkkoyhtiö vastaa sähköverkon rakentamisesta liittymispisteelle asti, mistä eteenpäin asiakas vastaa sähköistyksen toteutuksesta. Sähköliittymä on irtainta omaisuutta, mikä tarkoittaa, että esimerkiksi kiinteistökaupassa liittymän omistajuus ei automaattisesti siirry kiinteistön mukana uudelle omistajalle. Sähköliittymän omistaja on oikeutettu jakamaan liittymän sähköä omistamallaan tontilla kuten haluaa, eli esimerkiksi asuinrakennus ja autotalli voivat käyttää samaa sähköliittymää. Sen sijaan sähköliittymän ulottaminen viereiselle tontille ei ole sallittua, eli naapurit eivät voi käyttää yhteistä sähköliittymää vaan molemmat tarvitsevat oman liittymän.

Järvi-Suomen Energian pienjännitesähköliittymien hinnoittelussa käytetään ensisijaisesti vyöhykehinnoittelua. Yhtiön verkkoalueella liittymien hinnoittelu on jaettu kahteen vyöhykkeeseen, sekä vyöhykkeen ulkopuolelle jääviin liittymiin ja aluehinnoittelun piirissä oleviin liittymiin. Liittymän vyöhykkeen lisäksi liittymän koko vaikuttaa liittymän hintaan.

Kaavoitetut taajama-alueet kuuluvat vyöhyke 1 – hinnoittelun piiriin. Vyöhyke 1:llä liittymän hinta määräytyy porrastetusti liittymän pääsulakekoon mukaan. Taajama-alueella muuntajan etäisyys liittymästä ei vaikuta liittymän hintaan, normaalisti taajama-alueella lähimmän muuntajan etäisyys liittymästä jää kuitenkin varsin pieneksi.

Haja-asutusalueella noudatetaan Vyöhyke 2 – hinnoittelua. Vyöhyke 2 – alueella 3x25 ampeerin liittymästä maksetaan liittymähinnaston mukainen maksu, jos liittymä sijaitsee korkeintaan 800 metrin päässä olemassa olevalta muuntajalta. Liittymän pääsulakekoon ollessa 3x35 ampeerista 3x63 ampeeriin, liittymismaksu on kiinteä olemassa olevan muuntajan ollessa korkeintaan 600 metrin päässä liittymästä. Poikkeuksen vyöhykehinnoittelun ehtoihin tuovat liittymät, jotka kuuluvat aluehinnoittelun tai palautusehdon piiriin. Yli 3x63 ampeerin liittymät yhtiö hinnoittelee aina tapauskohtaisesti, kuitenkin siten että liittymismaksu on vähintään taulukossa 2 esitetyn hinnan mukainen.

TAULUKKO 2. Järvi-Suomen Energian liittymismaksut (Järvi-Suomen Energia 2017)

LIITTYMISMAKSUT (alv 0 %)

Pääsulake	Vyöhyke 1 €	Vyöhyke 2 €
3 x 25 A	2 930	5 120
3 x 35 A	3 790	6 130*
3 x 50 A	5 110	7 810*
3 x 63 A	6 200	9 470*
3 x 80 A	7 520	10 950**
3 x 100 A	9 200	12 640**
3 x 125 A	11 500	14 990**
3 x 160 A	14 720	17 450**
3 x 200 A	18 400	21 400**
Yli 3 x 200 A	92 €/A	107 €/A**

Aluehinnoittelua käytetään esimerkiksi uuden rantakaava-alueen liittymien hinnoittelussa. Aluehinnoittelussa lasketaan alueen sähköverkon rakentamisen kustannukset, jotka sitten jaetaan verkkoon liittyjien kesken tasan. Halvimmillaan aluehinnoitellulle alueelle rakennettavan liittymän hinta on vyöhykehinnoittelun mukainen, mutta mikäli liittyjiä ei löydy tarpeeksi, yksittäisen liittymän hinta nousee tätä suuremmaksi. Aluehinnoittelu on voimassa kymmenen vuotta.

Aluehinnoittelun parissa oleville liittymille kirjataan tarvittaessa liittymissopimukseen palautusehto. Palautusehto tarkoittaa, että mikäli alueelle tulee kymmenen vuoden aikana uusia liittymiä, hyvitetään kalliimman liittymishinnan maksaneille osa liittymismaksusta siten että alueen liittyjien maksama hinta sähköliittymästään tulee yhtä suureksi. Liittymismaksusta maksetaan palautuksia korkeintaan niin paljon, että liittymän hinnaksi muodostuu vähintään vyöhykehinnan mukainen hinta.

Sähköverkon liittymismaksu on palautuskelpoinen. Tämä tarkoittaa sitä, että asiakkaan irtisanoessa sähköliittymän, palautetaan asiakkaalla alkuperäinen liittymismaksu. Kuitenkin verkkoyhtiö on oikeutettu vähentämään palautettavasta hinnasta liittymän purkamisesta verkkoyhtiölle aiheutuvat kustannukset. Verkkoyhtiö on myös oikeutettu kuittamaan palautettavalta liittymismaksulta erääntyneet saatavansa.

Liittymän arvo määräytyy siis todellisen, liittymästä maksetun hinnan perusteella. Inflaatiosta johtuen vanhojen liittymien arvo voi olla nykyrahassa hyvinkin alhainen. Euroon

siirryttäessä liittymien vanhat markka-aikaiset hinnat muutettiin euromääräisiksi virallisen valuuttakertoimen mukaan.

3.4 Sähkön hinnan muodostuminen

Asiakkaan sähköstä maksama hinta koostuu, sähköenergiasta, sähkön siirtomaksusta ja sähköverosta. Lisäksi sähköenergiasta, sähkön siirrosta ja sähköverosta peritään arvonlisäveroa 24 %. Sähköenergia, sähkön siirto ja sähkövero muodostavat jokainen noin kolmanneksen sähkölaskun kokonaissummasta, mutta vaihtelua on jonkin verran jakeluverkko-yhtiöiden siirtomaksujen ja sähkönmyyjien energiahintojen eroista johtuen. Kuten edellä on kerrottu, sähkön siirtohinnat eivät ole kilpailutettavissa, vaan verkkoyhtiöt määrittävät toimialueensa siirtomaksut joiden kohtuullisuutta Energiavirasto valvoo.

Luonnollisesti myöskään sähköveron suuruuteen asiakas ei voi vaikuttaa. Sähkövero on valmistevero, josta määrätään lainsäädännöllä. Sähkövero koostuu valmisteverosta ja huoltovarmuusmaksusta. Jakeluverkkoyhtiöt laskuttavat sähköveron siirtomaksun yhteydessä ja tilittävät sen valtiolle. Sähkönkuluttajat jaetaan kohteen tyypistä riippuen kahteen veroluokkaan. Valtaosa sähkönkäyttäjistä kuuluu sähköveroluokkaan I, mukaan lukien yksityistaloudet ja muut kuin luokassa II erikseen mainitut yritykset. Sähköveroluokkaan II kuuluvat esimerkiksi ammattimainen kasvihuoneviljely ja valmistava teollisuus (Järvi-Suomen Energia 2017). Veroluokkaan I kuuluvien osalta sähkövero on kokonaisuudessaan 2,253 snt/kWh, ja veroluokkaan II kuuluvien osalta 0,703 snt/kWh. (Verohallinto 2017). Edellä mainitut hinnat ovat arvonlisäverottomia.

Suomen sähkömarkkinat vapautuivat kilpailulle yritysten osalta vuonna 1995 ja kuluttajien osalta 1998. Tämän jälkeen sähkönkäyttäjät ovat voineet kilpailuttaa sähköenergian hankintansa, kun aiemmin myös sähkönmyynti oli sähkönjakelun kaltaista monopoli-liiketoimintaa. (Kopsakangas-Savolainen 2002, 75). Nykyisin sähkömarkkinoilla toimii useita kymmeniä myyntiyhtiötä joista asiakas voi vapaasti valita haluamansa. Jokaisen jakeluverkonhaltijan vastuualueella on nimetty sähkönmyyjä, joka on toimitusvelvollinen jakeluverkon alueella. Tämän yhtiön on sähkömarkkinalain mukaan toimitettava sähköenergiaa kuluttajille kohtuullisilla ehdoilla ja hinnoilla (Energiavirasto 2017).

Suomen sähkömarkkinat ovat osa yhteispohjoismaista sähkön tukkumarkkinaa johon kuuluvat lisäksi Baltian maat. Kauppaa näillä tukkumarkkinoilla käydään osakasmaiden kantaverkkoyhtiöiden omistamassa sähköpörssissä, Nord Poolissa. Seuraavan päivän sähkön hinta määräytyy Spot-markkinoilla. Sähköpörssin spot-markkinoilla sähkön tuottajat ja vähittäismyyjät sekä suuret teollisuuslaitokset tekevät päivittäin tarjouksen jossa ilmoittavat millä hinnalla ja kuinka paljon sähköä ne ovat valmiita ostamaan seuraavan päivän aikana. Tarjoukset tehdään tunnin tarkkuudella, joten sähkön hinta vaihtelee tunteittain toteutuneiden spot-hintojen perusteella. Tulevaisuudessa EU:n tavoitteena on luoda koko unionin kattavat eurooppalaiset sähkön sisämarkkinat (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017).

4 NOLLAKULUTUSLIITTYMÄT JÄRVI-SUOMEN ENERGIAN SÄHKÖ- VERKOSSA

4.1 Nollakulutusliittymät

Opinnäytetyötä varten kartoitettiin Järvi-Suomen Energian sähköverkosta löytyviä lähiaikoina saneeraukseen tulevia nollakulutusliittymiä. Nollakulutusliittymällä tarkoitetaan sähkönkäyttöpaikkaa, jolla on sähköliittymä, mutta ei sähkönkulutusta. Tarkoituksena oli selvittää jakeluverkon alueelta löytyvien nollakulutusliittymien määrää, sijaintia ja asiakastyyppejä. Mikäli liittymän omistajan tarkoituksena ei ole tulevaisuudessakaan aloittaa sähkön käyttöä, on liittymän saneeraus taloudelliselta kannalta järjetöntä. Sähkömarkkinalaki kuitenkin velvoittaa saneeraamaan myös useimmat tällaiset kohteet. Laissa ilmoitetut poikkeukset toimitusvarmuuden saavuttamisen suhteen ovat saarikohteet, sekä kohteet joiden vuosittainen sähkönkulutus on kolmen edellisen vuoden aikana ollut korkeintaan 2500 kilowattituntia, edellyttäen että näiden kohteiden saneeraus aiheuttaisi poikkeuksellisen suuria kustannuksia (Sähkömarkkinalaki 588/2013 § 51). Suurimmassa osassa tarkasteltuja liittymiä saneerauskustannukset eivät kuitenkaan nouse poikkeuksellisen suuriksi keskimääräisiin liittymäkohtaisiin saneerauskustannuksiin nähden, joten liittymät on lain mukaan saneerattava säävarman verkon piiriin. Yksi opinnäytetyön tavoitteista olikin nollakulutusliittymien kartoitus, jotta voitaisiin selvittää, onko liittymien omistajilla tulevaisuudessa tarkoitus aloittaa sähkön käyttöä, vai olisiko liittymän purkaminen sekä asiakasta että verkkoyhtiötä hyödyttävä ratkaisu.

Nollakulutusliittymät voidaan jakaa kahteen luokkaan. Liittymä voi olla ylläpidossa, jolloin liittymän sähkönsyöttö on fyysisesti katkaistu eikä käyttöpaikalla ole sähkömittaria. Tällöin liittymän omistaja on tehnyt verkkoyhtiön kanssa ylläpitosopimuksen. Asiakas ei siis voi käyttää kiinteistöllään sähköä, mutta siirtoverkkoa ei ole purettu, joten sähkönkäytön aloittaminen ei vaadi asiakkaan osalta uuden liittymän ostamista eikä verkkoyhtiön kannalta verkon rakentamista. Halutessaan aloittaa sähkönkäytön, asiakas tekee sähköverkko- ja toimitussopimukset, jolloin verkkoyhtiö asentaa käyttöpaikalle sähkömittarin ja kytkee sähköt päälle. Ylläpidossa olevasta liittymästä liittymän omistajalta veloitetaan kuukausittaista ylläpitomaksua.

Ylläpitosopimuksen tehneiden liittymien lisäksi kartoituksessa löydettiin lisäksi käyttöpaikkoja, joilla liittymissopimuksen lisäksi oli voimassa olevat verkko- ja sähköntoimittussopimukset, mutta joilla ei kulutustietojen mukaan ollut lainkaan sähkönkulutusta. Tällaisessa tilanteessa käyttöpaikalla on jatkuva valmius sähkönkäyttöön, ja asiakas maksaa liittymän koon mukaista kuukausittaista perusmaksua.

4.2 Tarkasteltavat liittymät

Opinnäytetyötä varten käytiin läpi 88 nollakulutusliittymäksi epäillyn, saneeraukseen vuoden sisällä tulevan sähköliittymän sähkönkulutustiedot. Sähkömittareiden lukematietojen perusteella lopulliseen aineistoon kerättiin tiedot 36 liittymästä. Kriteerinä nollakulutusliittymän määrittelyssä käytettiin yli vuoden jatkunutta nollakulutusta. Tällä tavalla aineistosta saatiin karsittua pois kesäaikaaisessa käytössä olevat vapaa-ajan asunnot, joissa sähköä käytetään vain kesällä. Lisäksi yksi liittymä otettiin mukaan aineistoon alle vuoden jatkuneesta nollakulutuksesta huolimatta liittymän omistajan vahvistettua liittymän nollakulutuksen.

Yhtiön sopimusarkistosta tarkastettiin alkuperäinen liittymissopimus. Mikäli liittymä oli vaihtanut omistajaa, tarkastettiin myös uusin arkistosta löytyvä sopimus. Sopimuksilta tarkistettiin liittymän rakentamisajankohta, liittymän pääsulakekoko sekä asiakkaan maksama liittymismaksu eli liittymän arvo. Etäluettavien sähkömittareiden luentatietojen perusteella saatiin tietoa nollakulutuksen alkupäivämäärästä ja nollakulutuksen kokonaiskestosta. Liittymän sulakekoon ja tariffiin avulla tarkasteltiin asiakkaalle nollakulutuksen aikana ylläpidosta tai perusmaksuista aiheutuneita kustannuksia ja verrattiin näitä sekä liittymän arvoon, että tulevan saneerauksen arvioituun kokonaishintaan.

Nykyistä verkkoa tarkasteltiin Järvi-Suomen Energian käyttämän Gridwise -ohjelmiston avulla. Ohjelman avulla voidaan tarkastella kartalla yhtiön nykyistä KJ- ja PJ-verkkoa yksittäisen sähköpylvään tarkkuudella. Ohjelman avulla kartoitettiin nollakulutusliittymien suora etäisyys liittymää syöttävältä muuntajalta sekä liittymän oman PJ-verkon pituus ja käytetyt kaapelityypit. Kerättyjen tietojen avulla määritettiin liittymän tämän hetkisen PJ-verkon arvo. Verkon arvo laskettiin käyttämällä pohjana yhtiön verkkorakentamisen komponenttihinnastoa vuodelta 2015.

Järvi-Suomen Energian tavoiteverkon KJ-verkosta tehty suunnitelma toimi pohjana suunniteltaessa nollakulutusliittymien PJ-verkon saneerausta. Liittymän saneerauskustannukset laskettiin vain siltä osin verkkoa minkä rakentaminen palvelisi ainoastaan nollakulutusliittymää. Verkon kustannukset niiltä osin kuin verkon rakentaminen palvelee myös lähialueen muita liittymiä, jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Myös tavoiteverkon hintaa laskettaessa pohjana käytettiin Järvi-Suomen Energian rakentamisen komponenttihinnastoa.

Kerätyn aineiston perusteella määriteltiin keskiarvot nollakulutusliittymien nollakulutuksen kestolle, liittymien ja nykyisen PJ-verkon arvolle sekä saneerauksen hinnalle. Lisäksi arvioitiin asiakkaalle nollakulutuksen aikana aiheutuneita kustannuksia käyttämällä pohjana Järvi-Suomen energian verkkopalveluhinnastoa vuodelta 2017.

4.3 Saneerausesimerkki 1

Nollakulutusliittymien joukosta valittiin satunnaisotannalla kaksi liittymää, joiden muuntopiireille laadittiin tarkempi saneeraussuunnitelma. Suunnitelmissa mitoitettiin muuntopiirin jakelumuuntaja, suunniteltiin PJ-verkon kaapelireitit ja mitoitettiin kaapeleiden poikkipinnat.

Suunnittelun pohjana käytetään Järvi-Suomen Energian keskijänniteverkon tavoiteverkkosuunnitelmaa. Suunnitelmakartasta nähdään, että tarkasteluun valitun nollakulutusliittymän alueella keskijänniteverkon saneeraus on tarkoitus toteuttaa siirtämällä maastossa kulkeva ilmajohto tien varrelle.



KUVA 3. Alueen KJ-verkkosuunnitelma

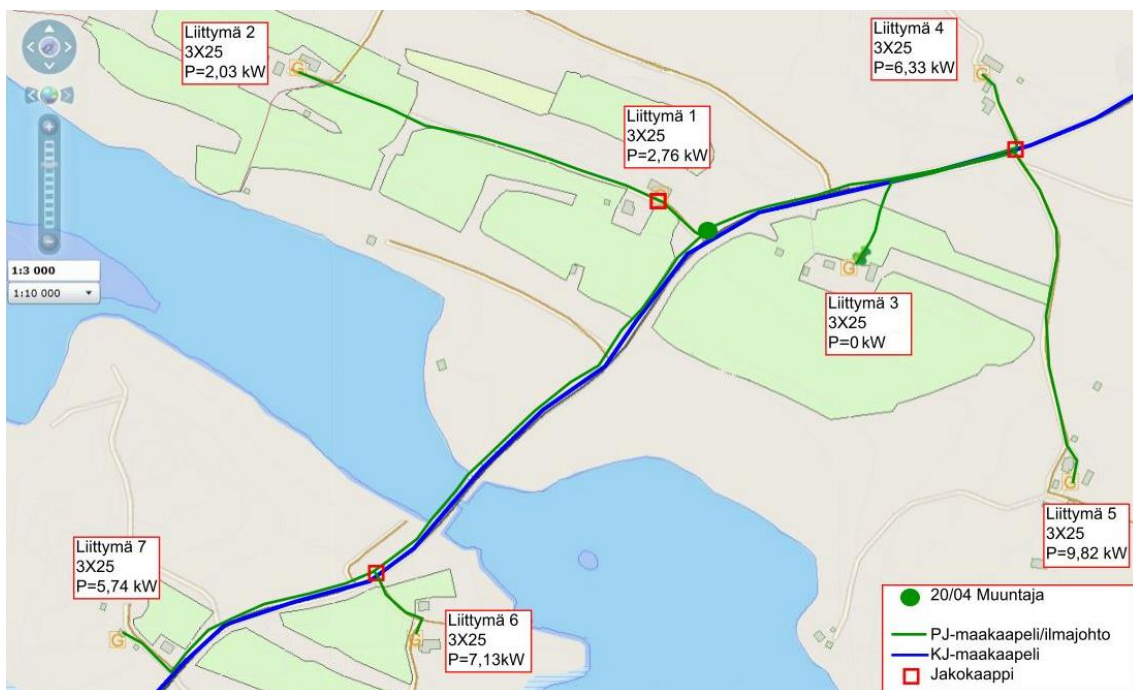
Nollakulutusliittymää syöttävä jakelumuuntaja syöttää sähköä myös kuudelle muulle liittymälle. Liittymistä kaksi on kytketty ensimmäiseen lähtöön, nollakulutusliittymä ja kaksi muuta liittymää toiseen lähtöön ja loput kaksi liittymää kolmanteen lähtöön. Muuntamo on tyypiltään 2-pylväsmuuntamo, joka on sijoitettu metsään reunaan pellolle. Muuntajan nimellisteho on 30 kilovottiampeeria ja suhteellinen kuorma 78,79 %. Suhteellinen kuorma on laskettu liittymien kuormituskäyrien avulla. Alueen nykyinen PJ-verkko on esitetty kuvassa 4



KUVA 4. Nykyinen PJ-verkko

Liittymien nykyiset liittymispisteet tarkistettiin liittymissopimuksilta. Liittymän kuusi liittymispiste on rakennuksen ulkoseinällä, muilla liittymillä liittymispisteinä on ilmajohdoverkon pylväs. Liittymisjohtona kaikilla liittymillä on MMJ-kaapeli.

Saneerauksessa muuntaja tullaan siirtämään metsän reunasta tien varrelle uuteen pylväseen tienristeykseen ensimmäisen lähdon syöttämien liittymien kohdalle. Kuvassa 5 näkyy suunniteltu tavoiteverkko. Uusi KJ-verkko on piirretty sinisellä. Vihreä ympyrä osoittaa muuntajan suunnitellun paikan. KJ-Verkon rinnalla yhteiskäyttöpylväissä tulee kulkemaan PJ-ilmajohdo. Punaisilla neliöillä on merkitty jakokaappien paikat, joista eteenpäin PJ-verkko toteutetaan maakaapelilla.



KUVA 5. Muuntopiirin saneeraussunnitelma

Niillä liittymillä joissa nykyinen toimitusraja on ilmajohtoverkon pylväs, asiakas voi omalla kustannuksellaan siirtää sähkökeskuksen rakennuksen ulkoseinälle. Tällöin saneerauksen yhteydessä verkkoyhtiö kaivaa jakokaapilta tulevan kaapelin seinän viereen ja kytkee sen keskuksen. Keskuksen liittimiin voi suoraan liittää poikkipinnaltaan korkeintaan 50 mm^2 olevan kaapelin. Tätä vahvempi kaapeli viedään keskuksen vierelle asennettavaan Cubo koteloon, josta tuodaan kaapeli keskuksen liittimille.

Asiakas voi halutessaan myös jättää keskuksen pylväälle. Tällöin verkkoyhtiö katkaisee pylvään nelimetriseksi ja liittää jakokaapilta tulevan kaapelin pylväällä olevaan liittymisjohtoon. Tynkäpylväs siirtyy tällöin asiakkaan omistukseen.

Saneerauksen yhteydessä päivitetään myös liittymien liittymissopimukset toimitusrajan osalta. Niillä liittymillä joissa jakokaappi sijaitsee tontin rajalla, määritellään päivitetyllä liittymissopimuksella toimitusrajaksi jakokaappi. Tällöin verkkoyhtiö vastaa jakokaapilta lähtevän kaapelin tuomisesta asiakkaan mittauskeskukselle ulkoseinälle tai tynkäpylväälle, ja saneerauksen valmistuttua kaapeli siirtyy asiakkaan omistukseen. Niillä liittymillä joissa jakokaappi ei ole tontin rajalla, päivitetylle liittymissopimukselle merkitään toimitusrajaksi tontin raja. Myös tässä tapauksessa verkkoyhtiö vastaa kaapelin tuomisesta asiakkaan liittymiskaapelille, mutta saneerauksen valmistuttua ainoastaan kaapelin

asiakkaan tontilla oleva osa siirtyy asiakkaan omistukseen. Verkkoyhtiö vastaa tontin ulkopuolella tapahtuneista kaapelivioista, ja asiakas tontin rajan sisäpuolella tapahtuvista vioista.

Jakelumuuntajan, maakaapeleiden ja ilmajohtojen mitoitus tapahtuu Järvi-Suomen Energian Verkoston suunnitteluperusteet -dokumentin pohjalta. Dokumentissa määritetään teho- ja energiaperusteiset raja-arvot jakelumuuntajan mitoitukselle, sekä käytettävien kaapeleiden ja ilmajohtojen tyypit ja poikkipinnat.

PJ-verkon komponenttien mitoitusta varten verkkotietokannasta tarkistettiin saneeraukseen tulevien liittymien energiankulutus vuoden 2016 aikana, sekä liittymien huippupäätötehot. Energiankulutuksen arvioitu kasvu tulevaisuudessa otettiin huomioon kertomalla liittymien mitattu summateho ja -energia varmuuskertoimella 1,2. Nollakulutusliittymän huipputehoa ja energiankulutusta ei arvioitu käyttäjäryhmän perusteella, vaan varmuuskertoimen avulla huomioitiin myös nollakulutusliittymän mahdollisen tulevan sähkönkäytön aiheuttama kuormitus. Muuntopiirin liittymien päto- ja näennäishuipputehot ja energiankulutukset on esitetty taulukossa 3. Huippunäennäistehot on laskettu huippupäätötehon avulla käyttämällä tehokertoimen arvona 0,95.

TAULUKKO 3. Muuntopiirin huippupäätötehot ja energiankulutus

Muuntajan mitoitus									
	Lt. 1	Lt. 2	Lt. 3	Lt. 4	Lt. 5	Lt. 6	Lt. 7	Summa	Mitoitus
P_{\max} (kW)	2,76	2,03	0,00	6,33	9,82	7,13	5,74	33,81	40,57
S_{\max} (kVA)	2,91	2,14	0,00	6,66	10,34	7,51	6,04	35,59	42,71
E (MWh)	3,46	2,72	0,00	9,96	12,76	5,69	7,46	42,05	50,46

Taulukossa 4 on esitetty yhtiön ohjeistuksen mukaiset pylväsmuuntamoiden jakelumuuntajakoneiden vaihtorajat saneerauksen yhteydessä. Saneerattavan muuntopiirin päätöteho huippu varmuuskerroin huomioiden on 40,57 kW ja vuosittainen energiankulutus

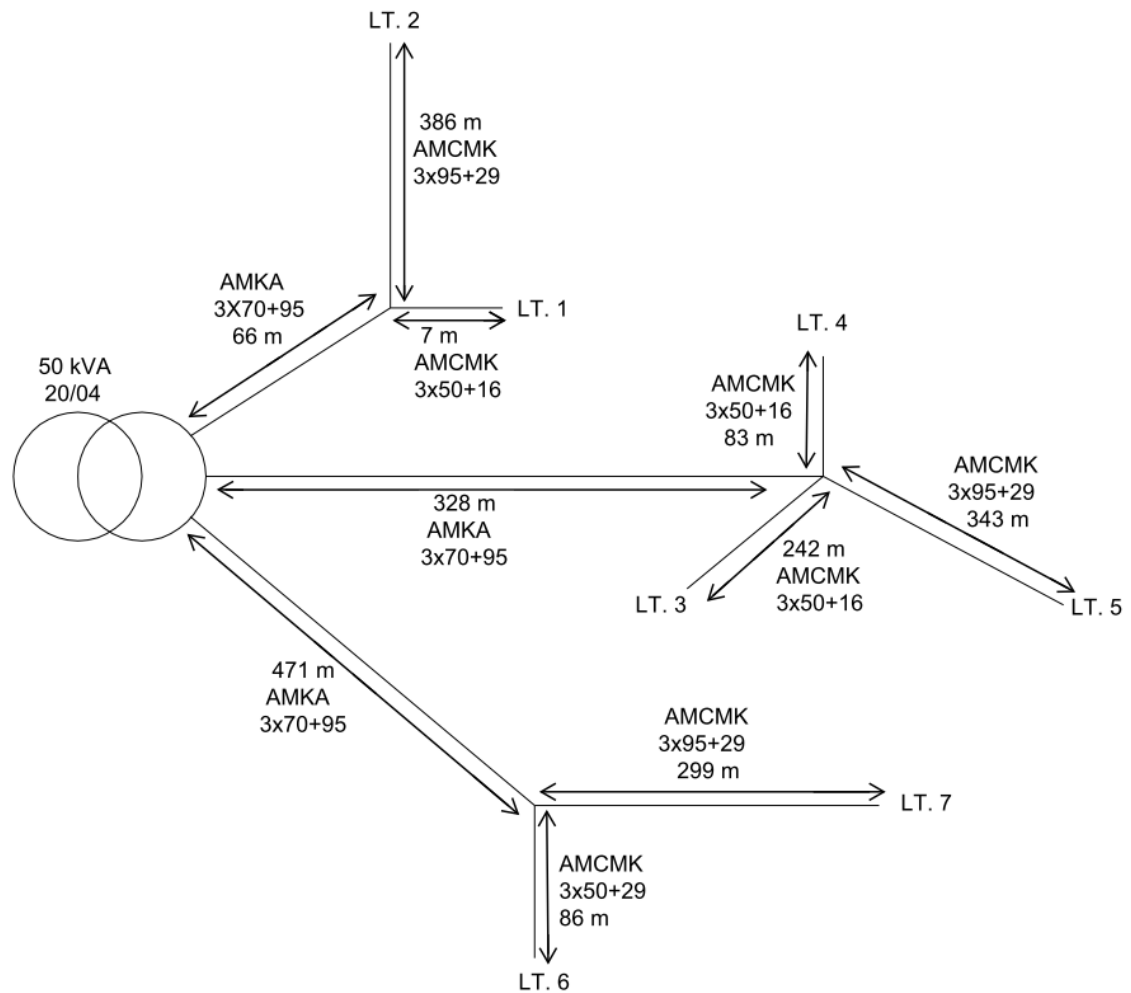
50,46 MWh. Verkoston suunnitteluperusteista löytyvän taulukon mukaan nykyinen 30 kVA:n muuntaja korvataan saneerauksen yhteydessä uudella 50 kVA:n muuntajalla.

TAULUKKO 4. Pylväsmuuntajan vaihtorajat (Kuosmanen, Huttunen & Matikainen 2016)

S_n	P	E
kVA	kW	MWh
16 → 30	23	30
30 → 50	40	66
50 → 100	65	126
100 → 200	117	264
200 → 315	234	603
315 → 500	369	1015
500 → 800	585	1698

Kaapelien mitoitus tarkastellaan vain PJ-verkon osalta. Verkoston suunnitteluperusteissa on määritetty käytettävät ilmajohtojen ja maakaapeleiden poikkipinnat. PJ-Verkon ilmajohtoina käytetään AMKA alumiiniriippukierrekaapeleita. Käytettävät poikkipinnat ilmajohdoissa ovat 35, 70 ja 120 mm². Maakaapeliasennuksissa käytettävä kaapelityyppi riippuu asennustavasta. Mikäli kaapeli asennetaan kaivamalla, käytetään AXMK alumiinivoimakaapelia. Aurattaessa kaapelina käytetään AMCMK alumiinivoimakaapelia. Tässä työssä valitaan tarkasteluun AMCMK-kaapeli. Käytettävät maakaapeleiden poikkipinnat ovat 25, 50, 95 ja 150 mm² (Kuosmanen, Huttunen & Matikainen 2016). Ku-

vassa 6 näkyy muuntopiirin topologia kuva, josta selviää tarvittavat johdinpituudet ja johdintyypit. Kuvaan on merkitty myös johtimien poikkipinnat, joiden määrittely esitetään seuraavassa kappaleessa.



KUVA 6. PJ-verkon verkkotopologia

4.3.1 Oikosulkuvirta

Verkoston suunnitteluperusteissa määritellään saneerattavien liittymien yksivaiheiseksi minimioikosulkuvirraksi 250 ampeeria. Johtimien pituudet määritellään verkostosuositus SA 2:08:n avulla. Verkostosuosituksesta löytyvän kuvaajan avulla voidaan määrittää yksivaiheinen oikosulkuvirta johtopituuden funktiona. (Liite 1). Perusjohtotyyppinä kuvaa-

jassa on käytetty 3x70+95 AMKA-kaapelia. Kuvaajasta lukemalla havaitaan, että vaadittuun 250 ampeerin oikosulkuvirtaan päästään, kun 50 kVA:n muuntajan johtolähdön pituus tällä kaapelityypillä on korkeintaan 0,90 kilometriä.

Jotta kuvaajaa voidaan käyttää, täytyy saneeraukseen valitut eripoikkipintaiset johdot muuttaa pituuskertoimilla ekvivalentiksi perusjohtopituudeksi. Myös tarvittavat pituuskertoimet löytyvät verkostosuosituksesta. (SA 2:08, 38)

TAULUKKO 5. Johtimien pituuskertoimet

Perusjohdon pituuskertomet	
JOHTO	PERUSJOHTO AMKA 3x70+95
AMKA	Pituuskerroin
3x35+70	1,674
3x70+95	1,000
3x120+95	0,772
AMCMK	
3x25+16	2,875
3x50+16	2,189
3x95+29	1,179
3x150+41	0,801

Muuntajalta liittymälle menevien johtojen ekvivalenssijohtopituus voidaan laskea kaavalla yksi.

$$\sum_{i=1}^n l_i \cdot K_i = l_1 \cdot K_1 + l_2 \cdot K_2 + \dots + l_n \cdot K_n \quad (1)$$

Tämän muuntopiirin liittymiä tarkasteltaessa kaava voidaan kirjoittaa alla olevaan muotoon.

$$l_{ekv} = l_{AMKA} \cdot K_{AMKA} + l_{AMCMK} \cdot K_{AMCMK}$$

Kaavassa l_{ekv} on ekvivalenttijohdon pituus, l_{AMKA} on AMKA-johdon pituus kilometreinä, K_{AMKA} on AMKA-johdon pituuskerroin ekvivalenssimuunnokseen, l_{AMCMK} on AMCMK-kaapelin pituus, ja K_{AMCMK} on AMCMK-kaapelin pituuskerroin.

Tarkastellaan oikosulkuvirtaa Jokaisen liittymän sähkökeskuksella. Mitoitetaan ensiksi johtimet liittymälle 2. Pylväsmuuntamolta viedään KJ- ja PJ-verkon yhteiskäyttöpylväissä 66 metriä AMKA-johtoa jakokaapille. Jakokaapilta vedetään 386 metriä pitkä AMCMK-kaapeli liittymälle.

Tarkastellaan ekvivalenttijohdon pituutta ensiksi, kun saneerauksessa käytettäviksi johtimiksi valitaan 3x35+70 AMKA ja 3x25+16 AMCMK. Valituilla kaapelipoikkipinnoilla ekvivalenssijohdon pituudeksi saadaan

$$0,066 \text{ km} \cdot 1,674 + 0,386 \text{ km} \cdot 2,875 = 1,220 \text{ km}.$$

Ekvivalenttijohdon pituus on yli 0,9 kilometriä, joten oikosulkuvirta jää pienemmäksi kuin vaadittu 250 ampeeria. Tällä ekvivalenttikaapelipituudella oikosulkuvirta jää kuvajasta luettuna noin 215 ampeeriin.

Tarkastellaan seuraavaksi tilannetta, kun AMKA-johdoksi vaihdetaan 3x70+95 ja AMCMK-kaapeliksi 3x95+29. Tällöin ekvivalenssijohdon pituudeksi saadaan

$$0,066 \text{ km} \cdot 1,00 + 0,386 \text{ km} \cdot 1,179 = 0,521 \text{ km}.$$

Valituilla johtimilla ekvivalenttijohdon pituus on alle 0,9 kilometriä eli oikosulkuvirta on selvästi suurempi kuin vaadittu 250 ampeeria.

Vastaava tarkastelu suoritettiin kaikille muuntopiirin liittymille. Useimpien liittymien kohdalla johtimien mitoitus voidaan suorittaa useilla vaihtoehtoisilla tavoilla. Esimerkiksi vaadittuun 250 ampeerin oikosulkuvirtaan päästäisiin liittymällä kaksi myös siinä tapauksessa, että johtimiksi olisi valittu 3x120+95 AMKA-johto ja 3x50+70 AMCMK-kaapeli

Käytännössä saneerauksissa pyritään käyttämään vain muutamia erilaisia johtimien poikkipinta-aloja. Usean erivahvuisen kaapelikelan tuomisesta työmaalle ja kelan vaihtamisesta saatava taloudellinen säästä on lyhyillä kaapelipituuksilla niin pieni, että usean kaa-

pelikelan kuljetus, varastointi ja käsittely työmaalla ei ole kannattavaa. Tämän muuntopiirin saneerauksessa käytettäväksi johdintyypeiksi valitaan 3x70+95 AMKA-johto, sekä 3x95+29 ja 3x50+16 AMCMK-kaapelit

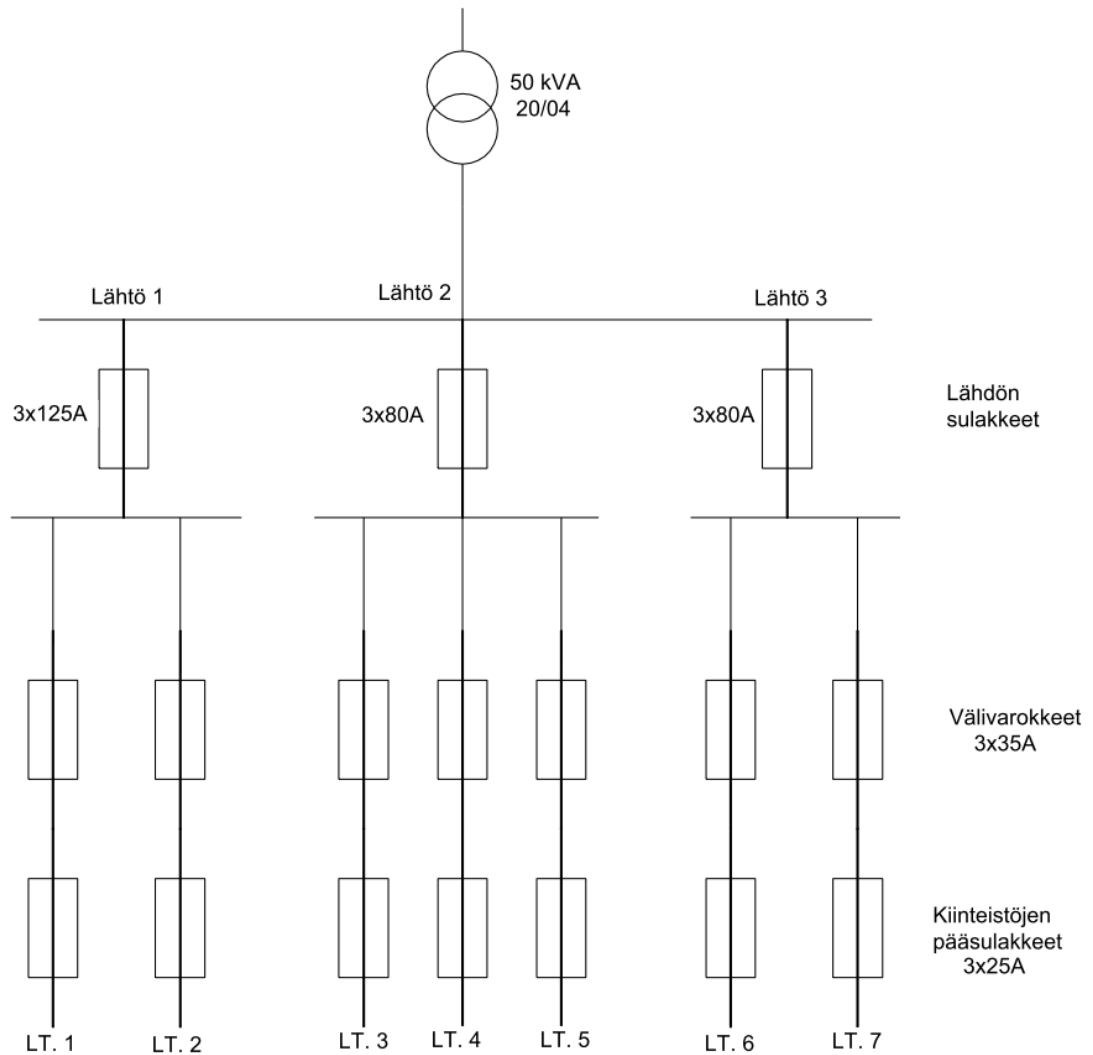
Myös lähdön sulakkeiden mitoitus saadaan energiateollisuuden kuvaajasta. Haja-asutusalueella sulakkeeksi valitaan verkostosuosituksen suurin sallittu sulake. Saneerauksessa käytettyjen kaapeleiden poikkipinnat ja pituudet, vastaavat ekvivalenttijohdimien pituudet sekä tarkastelupisteiden oikosulkuvirrat ja lähtöjen sulakkeet on koottu taulukkoon 5.

TAULUKKO 6. Liittymien oikosulkuvirrat

Johtimien mitoitus								
Muuntajan lähtö	Runko-AMKA poikkipinta (mm ²)	Runko-Amka pituus (km)	AMCMK poikkipinta	AMCMK pituus (km)	Liittymä	Ekvivalenttijohdimen pituus (km)	Oikosulkuvirta (A)	Lähdön sulake
Lähtö 1	3x70+95	0,066	3x50+16	0,007	LT. 1	0,081	1350	125
			3x95+29	0,386	LT. 2	0,521	400	
Lähtö 2	3x70+95	0,328	3x50+16	0,242	LT. 3	0,858	260	80
			3x50+16	0,083	LT. 4	0,510	410	
			3x95+29	0,343	LT. 5	0,732	300	
Lähtö 3	3x70+95	0,471	3x50+16	0,086	LT. 6	0,659	340	80
			3x95+29	0,299	LT. 7	0,824	270	

Koska verkkotietokannasta saadun tiedon mukaan muuntopiirin jokaisen liittymän liittymisjohtona oli käytetty MMJ 5x6 kaapelia, sijoitetaan jakokaapille 3x35 ampeerin

välivarokkeet suojaamaan liittymien syöttöjä. Muuntopiirin saneerauksessa käytetyt sulakkeet on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Muuntopiirin sulakkeet.

4.3.2 Jännitteenalenema

Jännitteenaleneman raja-arvoina käytetään Verkoston suunnitteluperusteissa määriteltyjä arvoja. Nämä arvot pohjautuvat Energiateollisuuden laatiman verkostosuosituksen SA 2:08 arvoihin.

Jakelumuuntajan osalta jännitteenalenemaa ei tarkastella. Jakelumuuntajaan sijoitettavalla väliottokytkimellä säädetään muuntajan jännitettä siten, että tyhjäkäyvän muuntajan

toisiopuolen vaihejännitteeksi saadaan noin 235 voltia. Tällöin kuormitetun muuntajan toisiopuolen jännitteeksi tulee noin 230 voltia.

Muuntajalta lähtevien kaapeleiden kokonaisjännitteenalenema saadaan laskettua eri kaapelityyppien jännitteenalenemien summana. Yhden kaapelityypin aiheuttama jännitteenalenema voidaan laskea kaavalla 2.

$$\Delta U = k \cdot S_k \cdot l_{johdin} \quad (2)$$

Kaavassa ΔU on jännitteenalenemaprosentti, k on kaapelin tyypistä ja poikkipinnasta riippuva jännitteenalenemakerroin, S_k on huippunäennäisteho, ja l_{johdin} on kaapelin pituus.

Järvi-Suomen Energian käyttämien kaapelityyppien jännitteenalenemakertoimet, kun tehokertoimen arvo on 0,95, on listattu taulukkoon seitsemän.

TAULUKKO 7. Jännitteenalenemakertoimet

Jännitteenalenemakertoimet	
JOHTO	JÄNNITTEENALENEMAKERROIN
AMKA	
3x35+70	0,535
3x70+95	0,280
3x120+95	0,165
AMCMK	
3x25+16	0,730
3x50+16	0,395
3x95+29	0,200
3x150+41	0,135

Esimerkiksi jännitteenalenema kolmannen lähdön jakokaapilla on

$$0,28 \cdot 13,55 \cdot 0,471 = 1,787 \%$$

Saneerauksessa käytettävien johtimien aiheuttamat jännitteenalenemat sekä asiakkaan sähkökeskukselle tuleva kokonaisjännitteenalenemat ja jännitteen todelliset arvot on listattu taulukkoon kahdeksan.

TAULUKKO 8. Jännitteet sähkökeskuksella

Jännitetarkastelu				
Liittymä	AMKA jännitteenalenema (%)	AMCMK jännitteenalenema (%)	Kokonaisjännitteen- alenema (%)	Jännite liittymiskaapelilla (V)
Lt. 1	0,093	0,008	0,1010	229,8
Lt. 2		0,165	1,7260	226,0
Lt. 3	1,561	0,000	1,5610	225,9
Lt. 4		0,218	1,7800	224,8
Lt. 5		0,709	2,2710	225,3
Lt. 6	1,787	0,255	2,0420	225,3
Lt. 7		0,361	2,1480	225,1

Verkoston suunnitteluperusteissa määritetty jännitteen minimiarvo liittymisjohdolla on 207 voltia, joten kaapeleiden jännitteenalenema on helposti sallituissa jännitevaihtelun rajoissa.

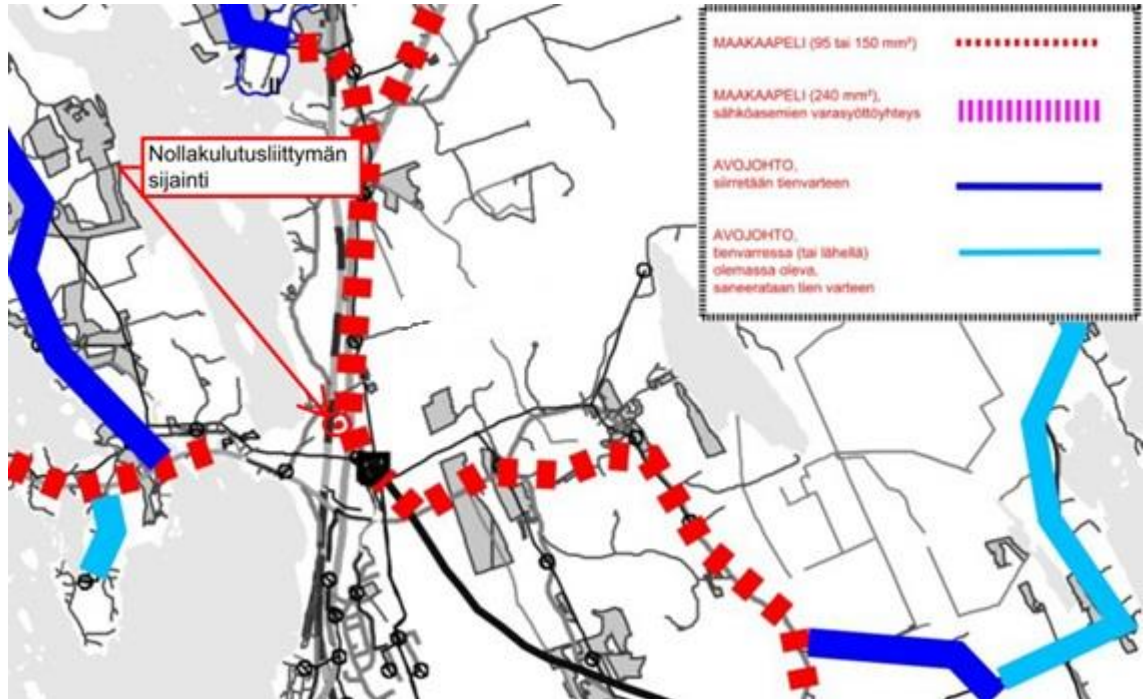
4.3.3 Maastosuunnittelu

Saneeraussuunnitelma on tehty verkkotietokannan perusteella. Ennen saneeraustyön välittämistä urakoitsijalle, suoritetaan muuntopiirin alueella maastosuunnittelijan toimesta maastokatselmus. Maastosuunnittelussa varmistetaan saneerauksen toteutusmahdollisuus suunnitelman mukaan.

Mikäli maastosuunnittelussa havaitaan ongelmia tai puutteita alkuperäisen suunnitelman toteuttamiseksi, muokataan saneeraussuunnitelmaa maastosuunnittelussa saatujen tietojen pohjalta. Maastosuunnittelussa voidaan esimerkiksi havaita suunniteltujen kaapeli-reittien olevan vaikeasti toteutettavia, jolloin kaapelien reititys ja sähkötekniinen mitoitus päivitetään saneeraussuunnitelmaan. Myöskään verkkotietokannassa oleva tieto asiakkaan liittymisjohdosta ei ole luotettava. Myös liittymisjohtojen tyyppi ja pituus tarkistetaan lopullisesti maastosuunnittelussa, jotta voidaan arvioida jakokaapille tulevien väli-varokkeiden tarpeellisuutta.

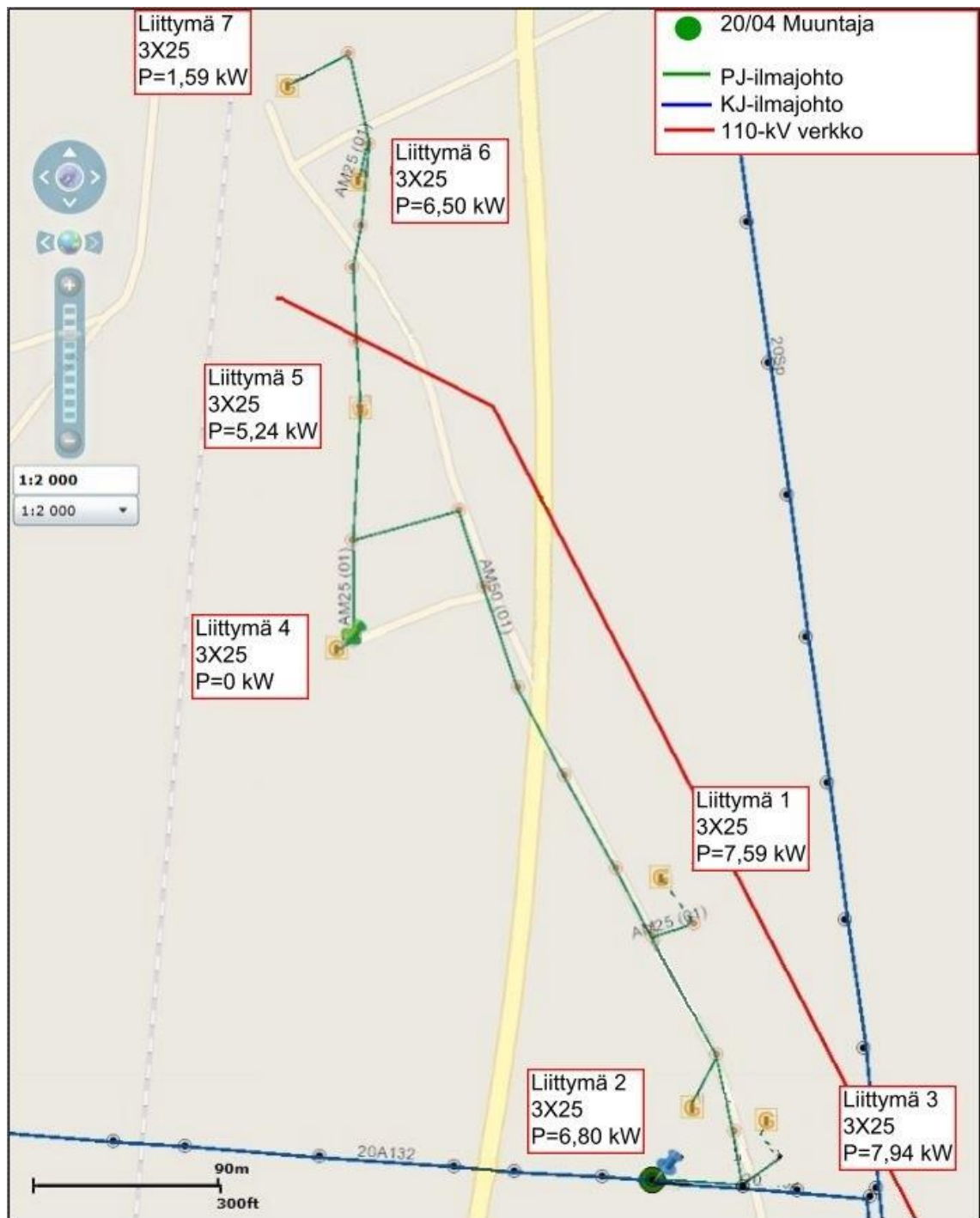
4.4 Saneerausesimerkki 2

Myös Toisen esimerkin pohjana käytetään olemassa olevaa KJ-verkon tavoiteverkkosuunnitelmaa. Tämän esimerkin kohteessa nykyinen maastossa kulkeva KJ-ilmajohto puretaan ja uusi KJ-verkko toteutetaan valtatie viereen asennettavalla maakaapelilla.



KUVA 8. KJ-verkkosuunnitelma

Muuntopiiriin on liitetty nollakulutusliittymä mukaan luettuna seitsemän liittymää, joista jokainen on saman lähdön perässä. Nykyinen muuntaja on 30 kilovoltiampeerin pylväsmuuntaja, joka on sijoitettu 20-kilovoltin johtokäytävällä olevaan KJ- ja PJ-verkon yhteiskäyttöpylvääseen. Muuntajan suhteellinen kuorma on 77,33 %. Saneerauksessa muuntaja tullaan korvaamaan uudella puistomuuntamolla.



KUVA 9. Nykyinen verkko

Saneerauksessa uusi jakelumuuntaja sijoitetaan valtatie varteen. Kolme ensimmäistä liittymää liitetään muuntajan ensimmäiseen lähtöön ja loput neljä toiseen lähtöön. Ensimmäiseltä lähdöltä vedetään maakaapeli suunnilleen liittymän kaksi kohdalle. Tähän kohtaan sijoitettavalta jakokaapilta vedetään kaapelit kaikille lähdön perässä oleville kolmelle liittymälle. Vastaavalla tavalla toiselta lähdöltä kaapeli vedetään maakaapelina. Liittymien neljä ja viisi tonttien rajalla sijoitettavasta jakokaapista vedetään kaapeli näille

liittymille. Runkojohtoa jatketaan jakokaapilta liittymien kuusi ja seitsemän tonttien rajalle, jonne sijoitettavalta jakokaapilta vedetään kaapeli edelleen liittymille.



KUVA 10. Saneerattu verkko.

Muuntopiirin liittymien pätö- ja näennäistehohuiput ja energiankulutukset on listattu taulukkoon 5.

TAULUKKO 9. Muuntopiirin huippupätötehot ja energiankulutus.

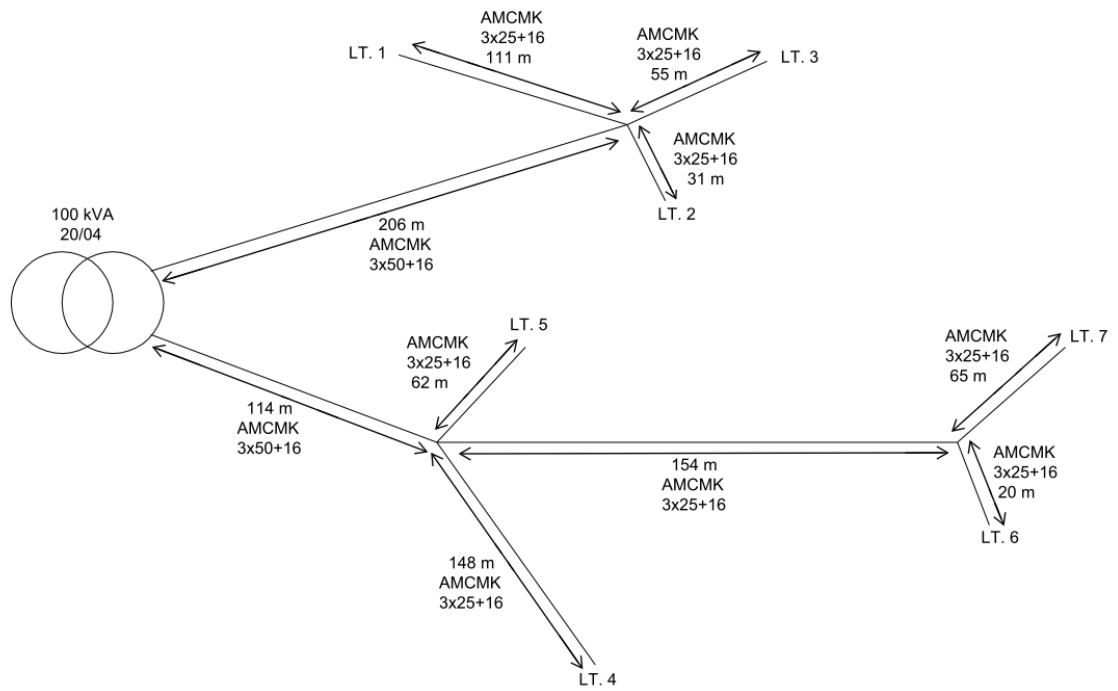
Muuntajan mitoitus									
	Lt. 1	Lt. 2	Lt. 3	Lt. 4	Lt. 5	Lt. 6	Lt. 7	Summa	Mitoitus
P_{\max} (kW)	7,59	6,80	7,94	0,00	5,24	6,50	1,59	35,66	42,79
S_{\max} (kVA)	7,99	7,16	8,36	0,00	5,52	6,84	1,67	37,54	45,04
E (MWh)	6,05	5,42	12,62	0,00	8,23	5,18	2,00	39,50	47,40

Koska muuntopiirin nykyinen pylväsmuuntamo korvataan uudella puistomuuntamolla, käytetään muuntajan valinnan perusteena verkoston suunnitteluperusteiden uuden muuntajan valintataulukkoa. Taulukon mukaan muuntopiirin uuteen puistomuuntamoon valitaan nimellisteholtaan 100 kVA:n jakelumuuntaja.

TAULUKKO 10. Uusien muuntajien valinta

S_n	P	E
kVA	kW	MWh
50	<29	42
100	45	77
200	90	190
315	180	443
500	284	754
800	360	987

Saneerattavan muuntopiirin verkkotopologia johdinpituuksineen on esitetty kuvassa 11. Myös tähän topologiakuvaan on valmiiksi merkitty myös kaapelityypit, jotka määritellään oikosulkuvirtatarkastelun yhteydessä.



KUVA 11. Verkkotopologia

4.4.1 Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema

Oikosulkuvirran tarkastelu tehtiin vastaavasti kuin ensimmäisen saneerausesimerkin kohdalla. Määritetään kaapelit liittymälle seitsemän. Muuntajalta aurataan ensin 114 metriä kaapelia ensimmäiselle jakokaapille, josta viedään kaapelit liittymille neljä ja viisi. Jakokaapilta lähtee myös liittymiä kuusi ja seitsemän syöttävä 154 metriä pitkä runkojohto toiselle jakokaapille. Tältä jakokaapilta liittymälle seitsemän lähtevän kaapelin pituus on 65 metriä. Lasketaan ekvivalenttijohdon pituus, kun ensimmäiselle jakokaapille viedään 3x50+16 AMCMK-kaapeli, ja loppuyhteys toteutetaan 3x25+16 AMCMK-kaapelilla.

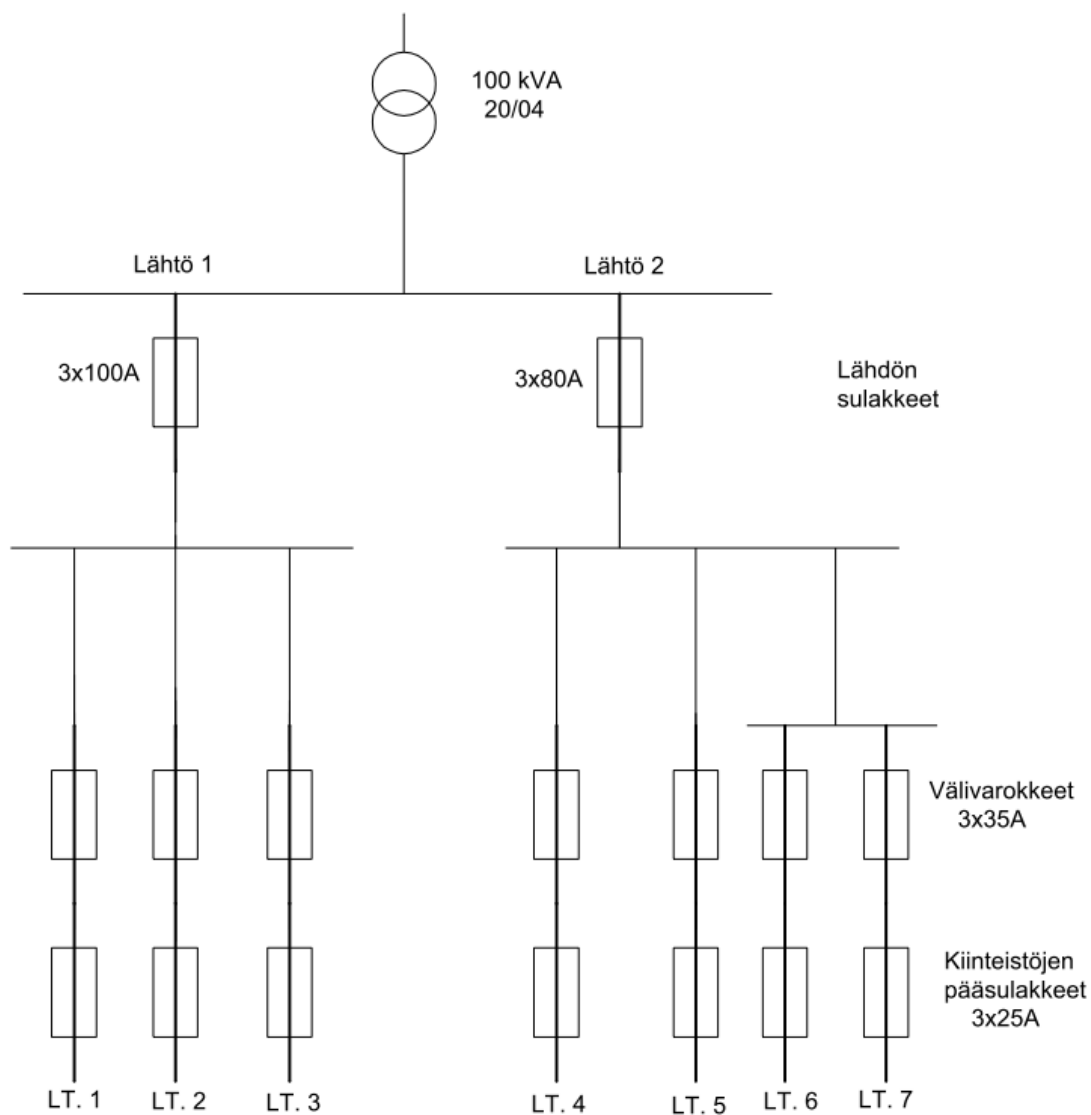
$$0,114 \text{ km} \cdot 2,189 + 0,154 \text{ km} \cdot 2,875 + 0,065 \text{ km} \cdot 2,875 = 0,879 \text{ km}$$

Tällä ekvivalenttijohdon pituudella oikosulkuvirraksi tulee 270 ampeeria, jolloin lähdön suurin sallittu sulakekoko on 80 ampeeria. Kaikkien liittymien oikosulkuvirrat ja molempien muuntajalähtöjen sulakkeet on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Liittymien oikosulkuvirrat

Johtimien mitoitus										
Muuntajan lähtö	Runko-AMCMK poikkipinta (mm ²)	Runko-AMCMK pituus (km)	Runko-AMCMK poikkipinta (mm ²)	Runko-AMCMK pituus (km)	Oma AMCMK poikkipinta (mm ²)	Oma AMCMK pituus (km)	Liittymä	Ekvivalentti johtimen pituus (km)	Oikosul kuvirta (A)	Lähdön sulake
Lähtö 1	3x50+16	0,206	-	-	3x25+16	0,111	LT. 1	0,770	310	100
					3x25+16	0,031	LT. 2	0,540	430	
					3x25+16	0,055	LT. 3	0,609	380	
Lähtö 2	3x50+16	0,114	-	-	3x25+16	0,148	LT. 4	0,675	350	80
					3x25+16	0,062	LT. 5	0,428	520	
			3x25+16	0,154	3x25+16	0,020	LT. 6	0,750	320	
					3x25+16	0,065	LT. 7	0,879	270	

Myös tämä muuntopiirin liittymien liittymisjohtoina oli verkkotietokannan mukaan käytetty MMJ 5x6 kaapelia. Tämän takia myös tässä muuntopiirissä sijoitetaan jakokaapeille 3x35 ampeerin välivarokkeet. Muuntopiirin saneerauksessa käytetyt sulakkeet on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Muuntopiirin sulakkeet

Myös jännitteenalenumatarkastelu suoritettiin samalla tavalla kuin edellisessä saneerausmerkissä. Jännitetarkastelun tulokset on listattu taulukkoon 12.

TAULUKKO 12. Jännitteet sähkökeskuksella

Jännitteenalenumatarkastelu					
Liittymä	Runko-AMCMK jännitteenalenuma (%)	2. Runko-AMCMK jännitteenalenuma (%)	AMCMK jännitteenalenuma (%)	Kokonaisjännitteenalenuma (%)	Jännite liittymiskaapelilla (V)
Lt. 1	1,913	-	0,647	2,560	224,1
Lt. 2		-	0,162	2,075	225,2
Lt. 3		-	0,336	2,249	224,8
Lt. 4	1,168	-	0,000	1,168	227,3
Lt. 5		-	0,250	1,418	226,7
Lt. 6		0,958	0,100	2,226	224,9
Lt. 7			0,079	2,205	224,9

4.5 Kustannusarvio muiden nollakulutusliittymien saneeraukselle

Muiden liittymien osalta saneerauskustannusten tarkastelu toteutettiin pintapuolisemmin. Myös näiden suunnitelmien pohjana käytettiin KJ-verkon saneeraussuunnitelmaa, mutta toisin kuin kahden edellisen esimerkin kohdalla, muuntopiirin kokonaissaneerauksen arvioiminen jätettiin tekemättä.

Kaapelityypit valittiin karkeasti etäisyyden mukaan. Kaapelipituuden ollessa alle 300 metriä, kaapelin poikkipinnaksi oletettiin 50 mm². Pituuden ollessa 300-800 metriä, kaapelin poikkipinnaksi oletettiin 95 mm². ja 800-1000 metrin kaapelin poikkipinnaksi 150 mm². Kaapelipituuden kasvaessa yli kilometriin, käytetään osassa verkkoa jännitteenä yhtä kilovoltia. Maakaapeleiden hinnat kustannusyksikköä (euroa/kilometri) kohti on esitetty taulukossa 14. Myös maakaapeleiden aurauskustannukset saatiin rakentamisen komponenttihinnastosta. aurauskustannukset on esitelty taulukossa 15.

TAULUKKO 13. Maakaapeleiden yksikköhinnat (Järvi-Suomen Energia 2015)

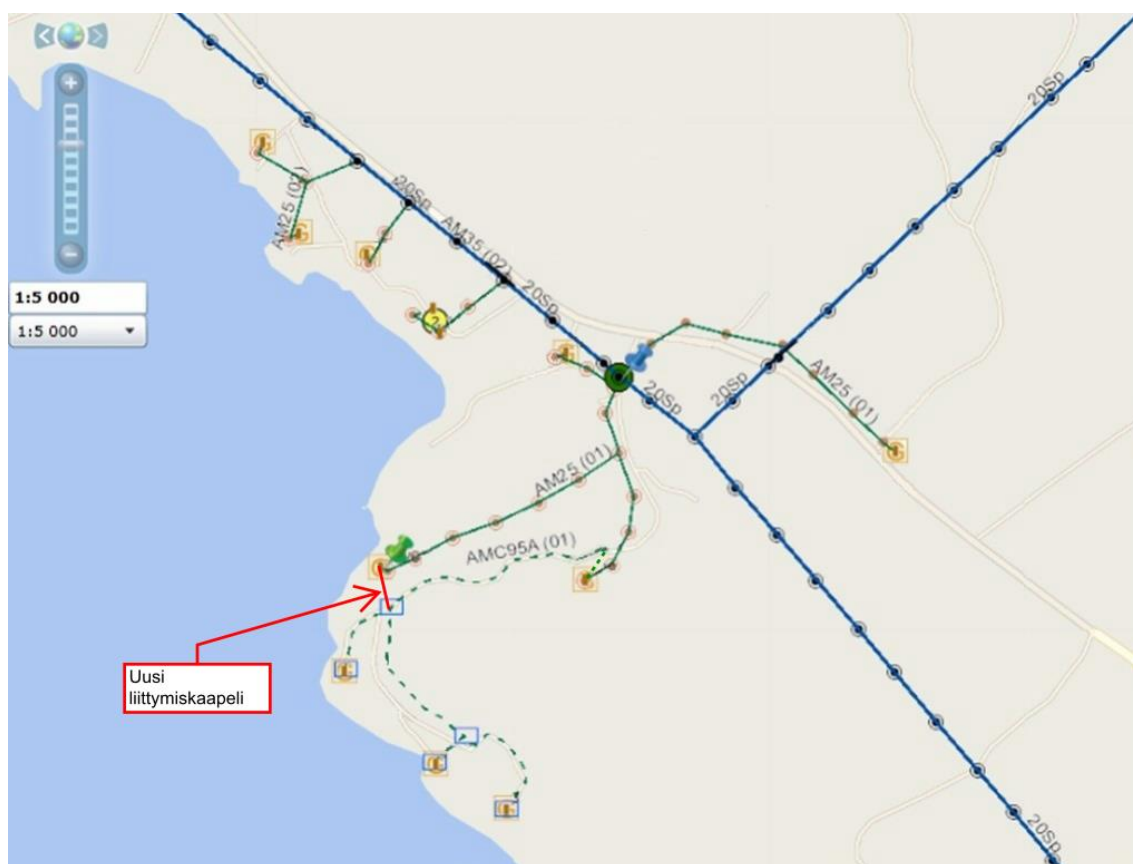
0,4 kV MAAKAPELIT		
Komponentti	Yksikkö	Yksikköhinta (euroa/yksikkö)
PJ Maakaapeli 25 mm ²	kilometriä	8 500 €
PJ Maakaapeli 50 mm ²	kilometriä	10 000 €
PJ Maakaapeli 95 mm ²	kilometriä	12 000 €
PJ Maakaapeli 150 mm ²	kilometriä	16 500 €
PJ Maakaapeli 185 mm ²	kilometriä	18 100 €
PJ Vesistökaapeli 50 mm ²	kilometriä	13 600 €
PJ Vesistökaapeli 95 mm ²	kilometriä	22 500 €
PJ Vesistökaapeli 150 mm ²	kilometriä	28 300 €

TAULUKKO 14. Kaapeliojan aurauskustannukset (Järvi-Suomen Energia 2015)

JAKELUVERKON MAAKAPELIN KAIVUTYÖ (0,4 kV - 45 kV)		
Komponentti	Yksikkö	Yksikköhinta (euroa/yksikkö)
Auraus: helppo olosuhde	kilometriä	10 700 €
Kaivutyö: helppo olosuhde	kilometriä	10 700 €
Kaivutyö: tavallinen olosuhde	kilometriä	24 100 €

Taulukossa 14 mainittu helppo olosuhde tarkoittaa kaapeliojan kaivuuta haja-asutusalueella ja tavallinen olosuhde taajamassa.

Tässä kappaleessa on esitetty esimerkkinä kahden tällä tavalla arvioidun nollakulutusliittymän saneerauksen kustannusarvio Kuvassa 13 esitetyssä kartassa on esitetty ensimmäisen esimerkin nykyisen verkon tilanne. Lisäksi karttaan on merkitty suunniteltu kaapelireitti liittymälle saneerauksen jälkeen.



KUVA 13. Nykyinen verkko ja nollakulutusliittymän tuleva syöttö

Huomionarvoista tämän esimerkin kohdalla on, että muuntajalähdöstä, jonka perässä nollakulutusliittymä on, on jo nykyisellään maakaapeloitu merkittävä osa. Tavoiteverkkosuunnitelman mukaan KJ-verkko tulee säilymään ilmajohtona, mutta se siirretään maastosta kulkemaan tien vieressä. Samalla muuntopiirin jakelumuuntaja siirretään läheiseen tienristeykseen noin 50 metrin päähän nykyisestä sijainnistaan. Samalla muuntopiirin jäljellä oleva ilmajohto saneerataan maakaapeliksi.

Nollakulutusliittymän saneerauksessa maakaapeli tullaan vetämään lähimmältä olemassa olevalta jakokaapilta. Littymispisteen etäisyys jakokaapilta on 34 metriä. Rakentamisen komponenttihinnaston mukaan kaapeliojan kaivuun yksikkökustannus on 16 600 euroa kilometriltä, joten kaivuutyön hinnaksi tulee näin ollen 363,8 euroa. Kaapelin poikkipintana tulee olemaan 50 mm². Kaapelin yksikkökustannus on 10 000 euroa kilometriltä, joten kaapelin hinnaksi tulee siis 340 euroa. Nollakulutusliittymän osuus muuntopiirin saneerauskustannuksista on siis 703,80 euroa.

Toisen esimerkin osalta nykyinen verkko on esitetty alla olevassa kuvassa. Sekä KJ- että PJ-verkko on toteutettu ilmajohtona.



KUVA 14. Nykyinen verkko

Nykyinen KJ-ilmalinja tullaan saneeraamaan valtatie viereen maakaapeliksi. Samalla myös nollakulutusliittymää ja kahta muuta liittymää syöttävä PJ-ilmajohdo saneerataan maakaapeliksi. Saneerattu verkko on esitetty seuraavassa karttakuvassa.



KUVA 15. Saneerattu verkko

Saneerattu PJ-linja tulee siis kulkemaan tien vartta pitkin. Nollakulutusliittymän oman PJ-kaapelin pituus on 201 metriä, joten kokonaiskustannus kaapelille ja kaapeliojan kaivuulle on 4160,70 euroa. Lisäksi liittymän saneeraamiseksi tarvitaan jakokaappi. Jakokaappi kustantaa 1700 euroa, joten saneerauksen kokonaishinnaksi nollakulutusliittymän osalta tulee 5860,70 euroa.

Myös loppujen nollakulutusliittymien saneerauksille suoritettiin vastaavanlainen tarkastelu. Tarkastelun tuloksia käydään läpi seuraavassa kappaleessa.

4.6 Päätelmiä

Koonti nollakulutusliittymien tarkastelusta on esitetty liitteen 3 taulukossa. Kasatun aineiston perusteella nollakulutuksen keston keskiarvoksi saatiin 108 kuukautta eli yhdeksän vuotta. Pisimpään jatkunut yhtäjaksoinen nollakulutus tarkastelujoukossa oli 305

kuukautta eli runsaat 25 vuotta, lyhimpään kestänyt nollakulutus oli jatkunut viisi kuukautta. Tarkastelujoukosta Liittymien keskimääräiseksi arvoksi saatiin 884,50 euroa, kalleimman liittymän arvon ollessa 4800,00 euroa ja halvimman 39,71 euroa.

Arvioitaessa asiakkaille nollakäytön ajalta liittymien ylläpito- ja perusmaksuista aiheutuneita kustannuksia käytettiin pohjana Järvi-Suomen Energian verkkopalveluhinnastoa vuodelta 2017. Riippuen siitä oliko liittäminen ylläpidossa vai kytkettynä, laskettiin liittymälle joko kuukausittaisen ylläpitomaksun tai tariffin mukaisen kuukausittaisen perusmaksun mukaiset kustannukset nollakulutuksen kestoajalta. Koska ylläpito- ja perusmaksut ovat tarkasteluaikana nousseet, ovat asiakkaille todellisuudessa aiheutuneet kustannukset pienemät kuin mitä tällä tavalla arvioimalla saadut tulokset. Arvioitujen kustannusten keskiarvoksi saatiin 2337,73 euroa, suurimman kustannuksen ollessa 7114,84 euroa ja pienimmän 116,54. Huomion arvoista on, että joidenkin nollakulutusliittymien ylläpidosta aiheutuneet kustannukset ylittivät selkeästi uuden vyöhyke 2 hinnalla rakennettavan liittymän arvon.

Liittymiä syöttävien nykyisten PJ-verkkojen keskiarvoksi 1400,86 euroa. Suurin nykyinen PJ-verkon arvo oli 5245,60 euroa. Kyseisessä liittymässä vain tätä liittymää syöttävän PJ-verkon pituus oli 316 metriä. Pienin PJ-arvo oli liittymällä, joka sijaitsi pitkän, useita liittymiä syöttävän PJ-verkon varrella ja jonka oman PJ-verkon pituus oli ainoastaan neljä metriä. Liittymän oman PJ-verkon arvo oli 66,4 euroa.

Keskimääräiseksi saneerauskustannukseksi liittymää kohti saatiin 3052,43 euroa. Suurin yksittäisen liittymän aiheuttama saneerauskustannus oli 13572,10 euroa. Tämän liittymän KJ-verkon saneerauksen yhteydessä liittymää syöttävä muuntaja siirtyy peltoaukealta olevalta pylväältä valtatie viereen. Samalla vanha KJ-ilmajohtoverkko korvataan maakaapelilla. Saneerauksesta johtuen liittymän oman PJ-verkon pituus tulee kasvamaan noin 520 metriin, joten kustannukset nousevat varsin suuriksi. Erään nollakulutusliittymän PJ-verkko oli jo maakaapeloitu. Liittäminen ei siis tarvitse saneerausta ja saneerauskulut tämän liittymän osalta ovat nolla euroa.

Ennen työn aloitusta oletus oli, että nollakulutusliittymien aiheuttamat saneerauskulut olisivat varsin huomattavat. Tulosten perusteella kuitenkin havaitaan, että tarkasteltujen liittymien osalta saneerauskustannukset tulevat olemaan pelättyjä alhaisemmat. Kartoituk-

sessä ilmeni, että valtaosa nollakulutusliittymistä sijaitsee suhteellisen lyhyellä etäisyydellä sähköä käyttävistä liittymistä. Tämän takia nollakulutusliittymien osuus muuntopii-rien saneerauskustannuksista on varsin alhainen, valtaosassa tarkastelluista kohteista jakokaapin hinta aiheuttaa suurimman yksittäisen kustannuksen, maakaapelin ja kaivuun hinnan jäädessä suhteellisen alhaisiksi lyhyiden etäisyyksien takia. Toki verkosta löytyy yksittäisiä kohteita joiden saneerauskustannukset nousevat hyvinkin suuriksi, mutta nämä ovat tarkastelun perusteella yksittäisiä poikkeustapauksia.

5 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli kartoittaa Järvi-Suomen Energian sähköverkosta löytyviä nollakulutusliittymiä ja arvioida näiden aiheuttamia saneerauskustannuksia. Tavoitteena oli selvittää keskimääräinen nollakulutusliittymän saneerauksen aiheuttama kustannus yhtiölle, jotta voidaan arvioida olisiko taloudellisesti kannattavaa pyrkiä välttämään saneerauskulut.

Työtä aloitettaessa arvio oli, että nollakulutusliittymät aiheuttaisivat merkittävän lisän muuntopiirien saneerauskustannuksiin. Kasatun aineiston perusteella havaitaan kuitenkin, että saneerauskustannukset jäävät pelättyä alhaisemmiksi. Näin ollen yhtiö ei tarkastelun perusteella lähde suunnittelemaan yleistä käytäntöä esimerkiksi nollakulutusliittymien omistajien kontaktoimiseksi, vaan saneeraukset tullaan pääosin toteuttamaan normaalisti muuntopiirisaneerausten yhteydessä. Toki yhtiön sähköverkosta löytyy yksittäisiä nollakulutusliittymiä joiden saneerauskustannukset ovat huomattavat. Näiden liittymien poiminta jää muuntopiirin saneerausta suunnittelevan verkkosuunnittelijan tehtäväksi. Kyseisten liittymien kohdalla voidaan tapauskohtaisesti harkita keinoja saneerauskustannusten minimoimiseksi.

Opinnäytetyö onnistui hyvin, ja täytti yrityksen sille asettamat tavoitteet. Nollakulutusliittymien saneerauskustannukset olivat mietityttäneet yrityksessä jo jonkin aikaa, mutta rajallisten resurssien takia varsinaista tarkastelua aiheesta ei oltu tehty. Tarkastelun teettäminen opinnäytetyönä olikin yrityksen kannalta toimiva ratkaisu. Opinnäytetyön tekeminen puolestaan antoi hyvän käsityksen Jakeluverkkoyhtiöiden toiminnasta, sähkömarkkinalain yhtiöille tuomista haasteista ja PJ-verkkosuunnittelusta.

LÄHTEET

Suur-Savon Sähkö. N.d. Suur-Savon Sähkö -konserni. luettu 10.7.2017

<https://www.sssoy.fi/suursavonsahko/>

Sähkömarkkinalaki 17.3.1995/386.

Järvi-Suomen Energia. N.d. Rakennamme toimitusvarmaa jakeluverkkoa. Luettu

10.7.2017 <https://www.jseoy.fi/verkkoalueemme/toimitusvarmuus/toimitusvarma-jakeluverkko/>

Lakervi, E. & Partanen, J. 2008. Sähkönjakelutekniikka. Helsinki: Gaudeamus.

Fingrid. N.d. Suomen Sähkövoimajärjestelmä. Luettu 11.7.2017 [http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suo-](http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx)

[men%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx](http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Suomen%20s%C3%A4hk%C3%B6voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Sivut/default.aspx)

Fingrid. N.d. Pohjoismainen voimajärjestelmä ja liittynät muihin järjestelmiin. Luettu

11.7.2017 <http://www.fingrid.fi/fi/voimajarjestelma/voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/Pohjoismainen%20voimaj%C3%A4rjestelm%C3%A4%20ja%20liittyn%C3%A4t%20muihin%20j%C3%A4rjestelmiin/Sivut/default.aspx>

Saarnio, K., Aaltonen, P. & Päivärinta, J. 2010. Selvitys Suomen kanta- alue- ja jakeluverkkojen rajauksesta ja ehdotus rajauskriteereiksi. Energiamarkkinavirasto Raportti.

Energiavirasto. 2015. Valvontamenetelmät neljännellä 1.1.2016 – 31.12.2019 ja viidennessä 1.1.2020 – 31.12.2023 valvontajaksolla. Raportti.

Horelli, I. 2012. Tapaninpäivän 26.12.2011 myrskytuhot Lounais-Suomessa. Lounais-Suomen aluehallintovirasto, Raportti.

Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588.

Järvi-Suomen Energia 2015. Rakentamisen Komponentit 2015. Taulukko.

Järvi-Suomen Energia. 2017. Verkkopalveluhinnasto.

Järvi-Suomen Energia. N.d. Sähkövero. Luettu 13.7.2017 <https://www.jseoy.fi/asiakas-palvelu/sahkonsiirron-lasku/sahkovero/>

Verohallinto. N.d. Sähkön ja eräiden polttoaineiden verotaulukot. Luettu 13.7.2017 https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/valmisteverotus/valmisteverolajit/sahko_ja_eraat_polttoaineet/sahkon_ja_eraiden_polttoaineiden_verota/

Kopsakangas-Savolainen, M. 2002. Tutkimus sähkömarkkinoiden vapauttamisesta. Kansantaloudellinen aikakauskirja 1/2002

Energiavirasto. N.d. Toimitusvelvollisuus. Luettu 13.7.2017. <https://www.energiavirasto.fi/toimitusvelvollisuus>

Työ- ja elinkeinoministeriö. N.d. Sähkömarkkinat. Luettu 13.7.2017. <http://tem.fi/sahkomarkkinat>

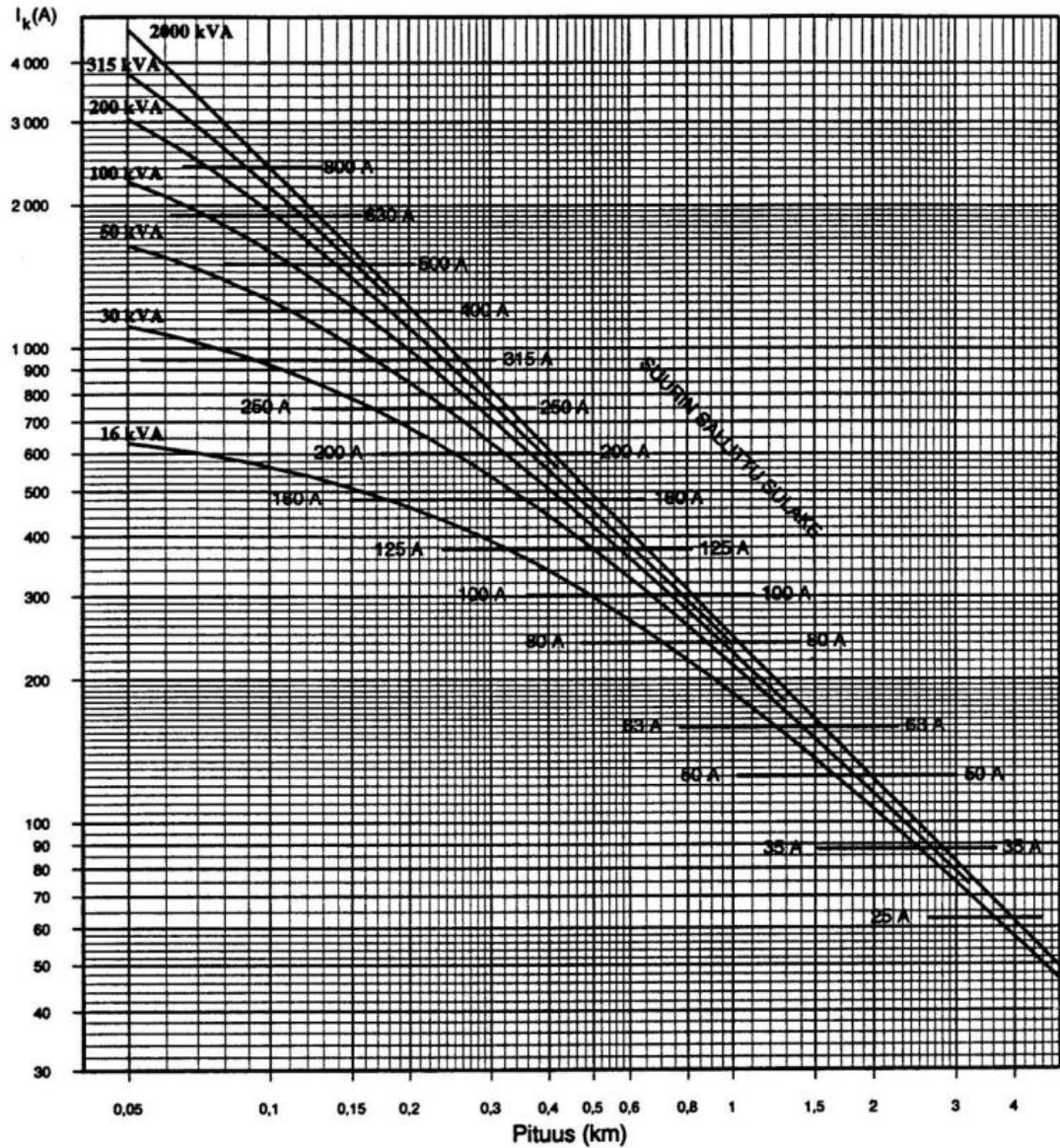
Kuosmanen, A. Huttunen, A. & Matikainen M. 2016. Verkoston suunnitteluperusteet. Ohjeistus. Järvi-Suomen Energia.

SA 2:08. Pienjänniteverkon ja jakelumuuntajan sähköinen mitoittaminen. Verkostosuositus. Helsinki: Energiateollisuus ry.

LIITTEET

Liite 1 Oikosulkuvirtataulukko. (Energiateollisuus)

AMKA 3x70+95



Liite 2. Järvi-Suomen Energian Verkkopalveluhinnasto (Järvi-Suomen Energia 2017)

VERKKOPALVELUTARIFFIT

SULAKEPERUSTEISET (alv 24 %)

Siirtomaksut	Vuodenaikaskäsitön siirto	Väsisähkön siirto
Väsisähkön siirto snt/kWh	snt/kWh	snt/kWh
111-313, ma-la klo 7-22	111-313, ma-la klo 7-22	Kio 7-22
3,62	4,41	Kio 22-7
	Muu aika	1,31
	1,48	

Erläutettavilla mittareilla asikkaille annettavan lämmityksen ohjus tapahtuu satunnaisesti joka itia klo 22-23 välillä. Esimerkiksi jonakin päivänä lämmitykset voivat kytkeytyä päälle klo 22:25 ja toisena taas klo 22:03. Virtsalaitteiden laskureille kulutus kertyy kuitenkin aina verkkopalvelutariffien aika- jaotuksen mukaisesti.

Perusmaksut	€/Kk	€/Kk	€/Kk
1 x 25 A, ki, rt*	15,14		
3 x 25 A, ki, rt*	23,32	50,34	50,34
3 x 25 A	28,07	87,77	87,77
3 x 35 A	50,60	133,05	133,05
3 x 50 A	77,93	177,22	177,22
3 x 63 A	109,34	228,51	228,51
3 x 80 A		292,04	292,04
3 x 100 A		369,97	369,97
3 x 125 A		484,60	484,60
3 x 160 A		619,50	619,50
3 x 200 A			

* ki ja rt = kerros- ja rivitalot, joissa on vähintään kolme huoneistoa

TEHOPERUSTEISET (alv 0 %)

Siirtomaksut	0,4 kv	20 kv	20 kv	110 kv
snt/kWh	snt/kWh	snt/kWh	snt/kWh	snt/kWh
111-313, ma-la klo 7-22*	1,36	1,19	0,91	0,91
Muu aika	0,93	0,82	0,59	0,59
* kesäaikana klo 8-23				

Perusmaksu	€/Kk	€/Kk	€/Kk	€/Kk
182,00	182,00	10420,00	182,00	182,00
Tehomaksu	€/Kw, Kk	€/Kw, Kk	€/Kw, Kk	€/Kw, Kk
6,90	5,40	2,20	0,32	
Loistehomaksu	€/kvar, Kk	€/kvar, Kk	€/kvar, Kk	€/kvar, Kk
4,45	4,45	4,45	4,45	4,45

* Tehomaksua laskutetaan 5000 kW:n ylimenevältä osalta.

Hintoihin sisältyy kuljotinkin voimassa oleva arvonnäisävero (tämän hinnanaston hinnoissa 24 %).

Hinnaston hintojen lisäksi peritään kuljotinkin voimassa olevat sähköverot. Sähköverot ovat 11,2015 aikaa veroluokassa 1: 2,79372 snt/kWh ja veroluokassa 2: 0,87172 snt/kWh (sis. alv 24 %).

Sähkön siirron laskutusaste on suurin aikajaksolla 1.11.-31.3. ma-la klo 7-22 mitattu yhden (1) tunnin keskiarvo, joka on viimeisen kalenterivuoden (12) kuukauden aikana mitattu.

Minimilaskutus on 40 kW.

Loistehomaksu on 0,2 kvar jokaista päätöksen 1 kVa kohden.

Hinnat ovat voimassa Järvi-Suomen Energia Oyj:n verkkoluokalla.

LIITYMÄHINNAT

LIITYMÄMAKSUT (alv 0 %)

Pääsuke	Vyöhyke 1	Vyöhyke 2
€	€	€
3 x 25 A	2 930	5 120
3 x 35 A	3 750	6 130*
3 x 50 A	5 110	7 810*
3 x 63 A	6 200	9 470*
3 x 80 A	7 520	10 950**
3 x 100 A	9 200	12 640**
3 x 125 A	11 500	14 990**
3 x 160 A	14 720	17 450**
3 x 200 A	18 400	21 400**
VI 3 x 200 A	92 €/A	107 €/A**

LIITYMÄMAKSUT (ei palautuskeinojen alv 0 %)

20 kv:n liittymän hinta on 81 €/Kw + liittymän välittömät rakentamiskustannukset.

20 kv:n liittymän hinta (liittymispiste sähköse-malla) on 44 €/Kw + liittymän välittömät rakenta-miskustannukset.

110 kv:n liittymän hinta on 34 €/Kw + liittymän välittömät rakentamiskustannukset.

YLLÄPTOMAKSUT (alv 24 %)

Liittymäko	Kiinteä maksu
€/Kk	€
0,4 kv	23,32
20 kv	149,00
110 kv	505,92

* Vähintään sulakeperusteen liittymis-maksu sulakekoot 35-63 A, kun etäisyys muuntamosta on yli 600 m. Jos verkos-to ei täytä sähkötekniisiä vaatimuksia ja joudutaan rakentamaan uutta verkostoa, liittymismaksu määräytyy verkon rakentamiskustannusten mukaisesti.

** Vähintään sulakeperusteen liittymis-maksu sulakekoot 80-200 A, jos verkos-to ei täytä sähkötekniisiä vaatimuksia ja joudutaan rakentamaan uutta verkostoa, liittymismaksu määräytyy verkon rakentamiskustannusten mukaisesti.

Vyöhykkeen 1 hintoja sovelletaan ase-makaava-alueilla sijaitseviin liittymiin.

Vyöhykkeen 2 hintoja sovelletaan ase-makaava-alueiden ulkopuolella erittäin 800 m etäisyydellä olemassa olevasta muuntamosta normaalein verkostora-kentien ja erittäin rakennettaviin liittymiin.

Yli 63 A kohteet käsitellään tapauskoh-taisesti. Liittymismaksu määräytyy talon verkoston rakentamiskustannusten pe-rusteella, mutta on vähintään vyöhyk-keen 2 hintojen mukainen.

Yli 600 metrin päässä muuntamosta si-jaitsevat liittymät ja joiden sulakekoko on 35-63 A käsitellään tapauskohtaisesti. Liittymismaksu määräytyy talon verkos-ton rakentamiskustannusten perusteella, mutta on vähintään vyöhykkeen 2 hinto-jen mukainen.

Hinnottelu ei sovelleta, jos muuntopii-ri kuuluu aluehinnotteluun piiriin tai siinä on voimassa normaalia kalliimman liittymis-maksun palautusotto.

Ylläptomaksu laskutetaan niiltä liittymi-tä, joiden sähkön käyttö on keskeytynyt liittymisestä johtuvasta syystä eikä liittymis-sopimusta pureta. Ylläptomaksun lasku-järjestelmä on liittymissopimuksen mu-kainen.

Uudelta liittymältä peritään ylläptomaksu, mikäli verkkopalvelusopimus ei ole eika-nut toimintusakaa seuraavan kalenteri-vuoden loppuun mennessä.

Liite 3. Nollakulutusliittymien koonti.

Liittymä	Nollakulutuksella alkaen	Sulakekoko	Nollakulutuksen kesto, pv.	Nollakulutuksen kesto, kk.	Asiakkaan ylläpitomaksut	Liittymän arvo €	Nykyisen PJ-verkon arvo €	Saneeraus kustannus €
1	1.11.2010	3X25	2313	76	1773,34	648,48	4897	703,80
2	23.12.2011	3X25	1896	62	1453,63	1059,58	5245,6	5630,40
5	16.8.2005	3X25	4216	139	3232,34	176,60	813,1	5009,40
4	12.10.2010	3X25	2333	77	1788,68	59,87	448,2	2403,80
5	1.10.2016	3X25	152	5	116,54	2943,29	3981	5860,70
6	ei koskaan kytketty	3X25	4175	137	3200,91	4800,00	116,2	2805,00
7	28.4.2011	3X25	2135	70	1636,87	73,67	2722,2	4784,30
8	ei koskaan kytketty	3X25	4175	137	3200,91	4800,00	116,2	3105,00
9	14.4.2006	3X25	3975	131	3047,57	237,14	996	4541,60
10	13.8.2005	3X25	4219	139	3234,64	139,93	2929	0,00
11	ei koskaan kytketty	3X25	9246	304	7088,77	3027,38	116,2	1553,80
12	ei koskaan kytketty	3X25	9280	305	7114,84	3027,38	1726,4	3830,80
13	2.9.2012	3X25	1642	54	1258,90	2270,54	420,5	2711,70
14	9.7.2013	3X25	1332	44	1021,22	196,44	1344,6	2755,70
15	21.7.2006	3X25	3877	127	2972,44	80,73	404,5	351,90
16	16.7.2013	3X25	1325	44	1015,86	144,33	435	2238,20
18	26.6.2014	3X25	980	32	751,35	101,25	348,6	2395,00
19	1.12.2010	3X25	2283	75	1750,34	230,36	581	662,40
20	1.6.2015	1X25	640	21	318,56	559,22	1641,2	4453,10
21	1.1.1993	1X25	8826	290	4393,17	1597,79	2241	4101,20
22	6.10.2009	3X25	2704	89	2073,12	173,23	298,8	538,20
23	30.8.2005	3X25	4202	138	3221,61	61,69	597,6	558,90
24	15.4.2009	3X25	2878	95	2206,52	121,10	116,2	227,70
25	25.9.2007	3X25	3446	113	2642,00	220,66	448,2	2134,70
26	31.7.2014	3X25	945	31	724,52	300,79	2424,8	2586,60
27	1.1.2016	3X25	426	14	326,61	296,52	664	2235,60
28	29.10.2012	3X25	1585	52	1215,20	1046,53	896,1	4515,20
29	30.12.1991	1X25	9194	302	4576,34	89,98	1095,6	13572,10
30	25.10.2014	3X25	859	28	658,58	754,83	116,2	331,20
31	24.3.2007	3X25	3631	119	2783,83	149,35	66,4	2031,20
32	1.1.2005	3X25	4443	146	3406,38	291,97	3436,2	3850,20
33	12.6.2013	3X25	1359	45	1041,92	70,30	2705,8	6543,80
34	5.8.2005	1X25	4227	139	2104,00	39,71	1776,2	1989,80
35	14.9.2005	3X25	4187	138	3210,11	294,33	1693	2859,20
36	2.9.2012	3X25	1642	54	1258,90	132,40	1171,5	2962,70
Keskiaño			3279	108	2337,73	884,50	1400,86	3052,43